

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
Дальневосточный федеральный университет

**МАТЕРИАЛЫ  
РЕГИОНАЛЬНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ  
И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ  
ПО ЕСТЕСТВЕННЫМ НАУКАМ**

Владивосток  
15 – 30 апреля 2024 г.

*Научное электронное издание*

Владивосток  
Дальневосточный федеральный университет  
2024

УДК 082  
ББК 94.3  
М34

Ответственный редактор – В.Ю. Ермаченко

Редакторы – Царенко Н.Р., Селивёрстова А.Ю. (раздел I); Сазыкин А.М., Д.И. Волкова (раздел II);  
Лисина И.А., Котович Н.Г. (раздел III); Фидаретов В.Ф., Кацурина А.А. (раздел IV);  
Добржинский Ю.В., Чабанов И.Д. (раздел V); Артемьева И.Л., Елсукова Е.А. (раздел VI);  
Зюмченко Н.Е., Костецкий Э.Я., Манжуло О.С., Баркина М.Ю. (раздел VII); Степанова А.А.,  
Ефремов Е.Л. (раздел VIII); Чеботарев А.Ю., Сущенко А.А., Пак Т.В. (раздел IX); Богатыренко Е.А.,  
Дашков Д.В. (раздел X); Патрушева О.В., Фролов К.Р. (раздел XI); Семаль В.А.,  
Брикман А.В. (раздел XII); Васильева М.С., Азон С.А. (раздел XIII); Осьмушко И.С.,  
Яшин В.А. (раздел XIV); Шульга Д.В., Саенко В.А. (раздел XV); Давыденко А.В.,  
Козлов А.Г. (раздел XVI); Кондриков Н.Б., Ткачёва М.В. (раздел XVII); Галышева Ю.А.,  
Дроздовская О.А. (раздел XVIII); Грибова В.В., Патрушев Д.К. (раздел XIX).

**Материалы Региональной научно-практической конференции студентов,  
М34 аспирантов и молодых учёных по естественным наукам, Владивосток, 15– 30 апреля  
2024 г. [Электронный ресурс] / Отв. ред. В.Ю. Ермаченко. – Электрон. дан. –  
Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2024. – Режим доступа  
[https://www.dvfu.ru/institute\\_of\\_high\\_technologies\\_and\\_advanced\\_materials/Conferences/](https://www.dvfu.ru/institute_of_high_technologies_and_advanced_materials/Conferences/) –  
Загл. с экрана.**

ISSN 2500-3518.

В сборнике опубликованы научно-исследовательские работы студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения Региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам (г. Владивосток, 15 – 30 апреля 2024 г.). Работы молодых исследователей охватывают направления естественных и физико-математических наук, развивающиеся в высших учебных заведениях России.

УДК 082  
ББК 94.3

Текстовое электронное издание  
Минимальные системные требования:

Веб-браузер Internet Explorer версии 6.0 или выше, Опера версии 7.0 или выше,  
*Google Chrome* 3.0 или выше).  
Минимальные требования к конфигурации и операционной системе компьютера  
определяются требованиями перечисленных выше программных продуктов.

Компьютер с доступом к сети Интернет.  
© ФГАОУ ВО «ДВФУ», 2024  
Размещено на сайте 24.07.2024 г.

---

22,4 Mb  
Дальневосточный федеральный университет  
690922, Владивосток, о. Русский, Аякс, 10  
E-mail: editor\_dvfu@mail.ru

---

## Оглавление

<b>Раздел I БИОРАЗНООБРАЗИЕ .....</b>	<b>17</b>
Коваль О.Е., Пьянова А.С. <b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ DROSERA NATALENSIS DIELS.</b> .....	17
Силашко А.Р., Курносов Д.С. <b>РАСПРОСТРАНЕНИЕ И НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КИНЖАЛОЗУБА (ANOTOPTERUS NIKPARINI) И АЛЕПИЗАВРА БОЛЬШЕГОЛОВОГО (ALEPISAURUS FEROX) В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА.....</b>	19
Квитченко А. К. <b>АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA L. В БАССЕЙНЕ ОЗЕРА ХАНКА .....</b>	22
Танака Юми <b>БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ОХРАННЫЙ СТАТУС OSMUNDA CLAYTONIANA L.....</b>	23
Чульчекова Д.А. <b>ФУНКЦИОНАЛЬНО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТРЕЗУБОЙ КРЕВЕТКИ (PANDALUS TRIDENS RATHBUN, 1902) СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ .....</b>	24
Лаптева С.В. <b>МОРФО-АДАПТАЦИОННЫЕ ТИПЫ ПРЯМОКРЫЛЫХ (ORTHOPTERA) ПОЛУОСТРОВА МУРАВЬЕВА-АМУРСКОГО И БЛИЗЛЕЖАЩИХ ОСТРОВОВ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО .....</b>	27
Ростовцева М.О. <b>РАЗВИТИЕ ЛИЧИНОК RHODYMENICHTHYS DOLICHOGASTER В ВОДАХ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО .....</b>	29
Гретченко М.В. <b>СЕЛЕКЦИЯ ХРИЗАНТЕМ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ.....</b>	30
Павельева Е.В. <b>БИОЛОГИЯ И ОСОБЕННОСТИ МИКОБИОТЫ CALLISTEPHUS CHINENSIS.....</b>	31
Брак Г.М. <b>ERRINOPORA STYLIFERA – ВИД ГИДРОКОРАЛЛОВ, ВСТРЕЧЕННЫЙ ТОЛЬКО В РОССИЙСКИХ ВОДАХ.....</b>	32
Калимуллин А.А., Туманов Д.В. <b>НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ФАУНЕ НАЗЕМНЫХ ТИХОХОДОК (TARDIGRADA) ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ.....</b>	34
Катасонова М. С., Дроздов А. Л. <b>МИКРОСТРУКТУРА КАЛЬЦИЙОРГАНИЧЕСКИХ СКЕЛЕТОВ ЖИВОТНЫХ...</b>	36
Чиченко В.А., Галышева Ю.А. <b>МАКРОБЕНТОС МЯГКИХ ГРУНТОВ БУХТЫ АСТАФЬЕВА (ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ МОРСКОЙ ЗАПОВЕДНИК).</b> .....	38
Тещина З.В., Пьянова А.С., Каменева Л.А., Бердасова К.С. <b>ВВЕДЕНИЕ ASTRAGALUS ULIGINOSUS L. (FABACEAE) В КУЛЬТУРУ IN VITRO.....</b>	40
Носков Д. В. <b>РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МНОГОЩЕТИНКОВЫХ ЧЕРВЕЙ (ANNELIDA: POLYCHAETA) В ВОДАХ ЮЖНОЙ КАМЧАТКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕДИЦИИ "ТИХООКЕАНСКИЙ ПЛАВУЧИЙ УНИВЕРСИТЕТ 2023".....</b>	42
Никифорова М.А., Бердасова К.С., Пьянова А.С. <b>ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ВВЕДЕНИЮ В КУЛЬТУРУ IN VITRO OXYTROPIS SCHELUDJAKOVAE.....</b>	43
Юсупова Е.П., Наконечная О.В. <b>МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ ARISTOLOCHIA FIMBRIATA .....</b>	45
Стеблина Т.И. <b>БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЗООПЛАНКТОНА ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКИ .....</b>	46
Немцева А.К. <b>ЗООПЛАНКТОН ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАМЧАТКИ.....</b>	48
<b>Раздел II ГЕОГРАФИЯ .....</b>	<b>50</b>
Безделева А.А. <b>АНАЛИЗ ФОНОВОГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОДОТОКОВ, ВПАДАЮЩИХ В БУХТУ НОВИК .....</b>	50
Бойко Д.К. <b>МОНИТОРИНГ ПЫЛЬНЫХ БУРЬ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ.....</b>	52
Волкова Д.И., Вихренко С.В. <b>МОРФОЛОГИЯ И ДИНАМИКА ПЛЯЖА НА КОСЕ НАЗИМОВА .....</b>	53
Голубева Е. Н. <b>СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПЕРВОГО ГОРОДСКОГО ПЛЯЖА НА О. РУССКИЙ .....</b>	55
Григорьева К.О. <b>ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА КАК ОДНА ИЗ ГЛАВНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ТЕРРИТОРИИ НА ПРИМЕРЕ Г. КОМСОМОЛЬСКА-НА-АМУРЕ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ .....</b>	56
Жарков Д. М. <b>ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРЕ ЮГА ПРИМОРСКОГО КРАЯ В МАРТЕ 2024 ГОДА .....</b>	58
Малицкий С. И. <b>ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПРИМОРСКОЙ ЗОНЫ ПРИМОРСКОГО КРАЯ.....</b>	60
Потапов Л.О. <b>ВЛИЯНИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА МИКРОКЛИМАТ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ.....</b>	62

Скопина А. С. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВНУТРИГОДОВОГО ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЕЙ ВОДЫ В СТВОРЕ Р. РАЗДОЛЬНАЯ - Г. УССУРИЙСК.....	65
Таратутина С.Р. СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛЯЖА В БУХТЕ БОЙСМАНА .....	67
Раздел III ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ГИС .....	69
Архипова Д.А. АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ОПОРНОЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ ПРИМОРСКОГО УГМС .....	69
Басков Е. Е. ДИНАМИКА КАЧЕСТВА ВОД РЕКИ РАЗДОЛЬНАЯ БАССЕЙНА ЯПОНСКОГО МОРЯ.....	71
Боброва В.С. ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ СТОКА РЕК ПРИМОРСКОГО КРАЯ .....	73
Бородина А.П. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ АКВАТОРИИ ПЛЯЖА УНИВЕРСИТЕТСКОЙ НАБЕРЕЖНОЙ ДВФУ (БУХТА АЯКС) ЗА 2023-2024 ГГ.....	75
Вихренко С.В., Костык В.А., Федоровский А.С. ОПЫТ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ВОДОМЕРНОГО ПОСТА Р.ИЗВИЛИНКА .....	77
Гребенкин П.В. ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ВОДНОЙ МАССЫ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИИ ТИХООКЕАНСКОГО ПЛАВУЧЕГО УНИВЕРСИТЕТА В РЕЙСЕ 23/4 НИС «ПРОФЕССОР МУЛЬТАНОВСКИЙ».....	78
Гуляев А. В. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В ЗОНЕ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ .....	79
Донская А.Е. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СМЕСИ РАСТВОРОВ $\text{CaCl}_2$ и $\text{NaCl}$ В КАЧЕСТВЕ ПРОТИВОГОЛОЛЁДНОГО МАТЕРИАЛА.....	81
Плашинова М.В., Карбанинов И.С. ВЗАИМОСВЯЗЬ ОЧИЩЕНИЯ АТМОСФЕРЫ С ВЫПАДЕНИЕМ ТВЕРДЫХ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В Г. УЛАН-УДЭ В ФЕВРАЛЕ 2023 ГОДА .....	83
Киртаева Е.А. ЛЕТНИЙ МУССОН В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ .....	85
Костык В.А., Каплуненко Д.Д. ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ С ВРЕМЕННЫМИ РЯДАМИ НАЗЕМНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА .....	88
Макарчук И.М. АНАЛИЗ ГИДРОГРАФОВ СТОКА ЗА РАЗЛИЧНЫЕ ПО ВОДНОСТИ ГОДЫ В СТВОРЕ Р.РАЗДОЛЬНАЯ - П.ТЕРЕХОВКА.....	90
Мансуров М.А. ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА ЮЖНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ОХОТСКОГО МОРЯ .....	92
Никольникова А.М. АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ОСНОВНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ПРОГРАММЕ PYTHON .....	94
Огородников Д.М. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ РАСЧЁТНЫХ МАКСИМУМОВ РАСХОДОВ ВОДЫ МАЛЫХ РЕК ПРИМОРСКОГО КРАЯ .....	96
Федорова А. Г. ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА .....	98
Шпак А.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГИС В ОБЛАСТЯХ ОТЛИЧНЫХ ОТ НАУК О ЗЕМЛЕ .....	100
Раздел IV МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА.....	102
Горин В.А. РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА, ПРИЗВАННОЙ ПОВЫСИТЬ ТОЧНОСТЬ ЕГО ПОСАДКИ .....	102
Белоусов М.Д. СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОМ ПОДВОДНОГО АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОНОКУЛЯРНОЙ ВИДЕОКАМЕРЫ И ЛАЗЕРНОГО ДАЛЬНОМЕРА .....	103
Григорьев И. М. ФОРМИРОВАНИЕ ПУТЕЙ РАВНОМЕРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОБРАБОТКИ ОБЪЕКТОВ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ .....	105
Андрюховский Н.В. МОДЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ RSSI ОТ РАССТОЯНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ BLUETOOTH LOW ENERGY НА ESP32.....	107
Найданова И.Е. СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ .....	108
Пятавин П.А., Коноплин А.Ю. МЕТОД СОГЛАСОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖИТЕЛЯМИ ПОДВОДНОГО АППАРАТА И ПРИВОДАМИ БОРТОВОГО МАНИПУЛЯТОРА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕДУРЫ СТЫКОВКИ .....	110
Ткалич Р.Е. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМИ РОБОТАМИ .....	111

Солоденко Н.Ю. Абрамова М.А. ПРОВЕРКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТНПА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ МИРОВОГО ОКЕАНА.....	113
<b>Раздел V ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....</b>	<b>116</b>
Андрусенко А.П. ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ УСИЛЕНИЯ ЗАЩИТЫ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ ШИФРОВ ОТ СОВРЕМЕННЫХ АТАК .....	116
Башинова М.В. АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ LINUX И ИХ ВЛИЯНИЯ НА РАЗРАБОТКУ ИНСТРУМЕНТА FORENSIC TRIAGE .....	117
Борисова В.В. АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОТОКОЛОВ КВАНТОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕЙ .....	119
Быстревский С.А., Боршевников А.Е. ТЕОРЕТИКО-ИГРОВАЯ МОДЕЛЬ КОНФИДЕНЦИАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ ДВУХ УЧАСТНИКОВ.....	121
Давидян М.А., Кудрявцев Н.В. ЗАЩИТА МИКРОСХЕМЫ ARDUINO ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ .....	123
Коробкин О.П., Ретунский Д.А. ИПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ SANDBOX ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И АНАЛИЗА ВРЕДОНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ .....	124
Королёв Л.А., Фомин В.С. ОБНАРУЖЕНИЕ БЕСФАЙЛОВОГО ИМОРТИРОВАНИЯ ВРЕДОНОСНЫХ МОДУЛЕЙ(КОДА) НА WINDOWS НА ЯЗЫКЕ PYTHON .....	125
Костенецкий И.В. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОБУЧАЮЩИХ ВИРТУАЛЬНЫХ СРЕД, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ РАЗВИТИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ НАВЫКОВ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	127
Кравченко Н.С., Сукач Н.Е., Галимов А.Д. СЦЕНАРИИ КИБЕРУЧЕНИЙ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ МОНИТОРИНГА .....	129
Курочкин Н.А., Ретунский Д.А. УСТОЙЧИВОСТЬ УСТРОЙСТВ НЕГЛАСНОГО ПРИЕМА ИНФОРМАЦИИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ МОДУЛЯЦИЮ LoRa, К ТРАДИЦИОННЫМ СРЕДСТВАМ ОБНАРУЖЕНИЯ .....	130
Куприянов Е.Н., Осипов Д.Р. ОБЗОР СПОСОБОВ ЭКСФИЛЬТРАЦИИ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ЛЕГИТИМНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	132
Пономарёв К.Г. МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО ГОЛОСА НА ОСНОВЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВОКОДЕРОВ В НЕЙРОННЫХ СЕТЯХ .....	133
Портретный В.И. РАЗРАБОТКА ПЛАНА МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СУБЪЕКТОВ КИИ .....	135
Ретунский Д.А., Коробкин О.П., Курочкин Н.А. О СПОСОБЕ ПОСТРОЕНИЯ ЗАЩИЩЕННОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ LoRa .....	137
Яворович Э.А., Озембловский Т.Д., Киналь В.В. МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	138
Яшников В.С. УЯЗВИМОСТИ В СОВРЕМЕННЫХ СКУД НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ NFC/RFID + SUBGHZ .....	140
<b>Раздел VI ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ.....</b>	<b>142</b>
Алексеев В.М., Троев М.И. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ .....	142
Алексеев М.В., Попов А.Д. ИНТЕГРАЦИЯ НЕЙРОННОЙ ЯЗЫКОВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ДИАЛОГОВ В ИГРОВОЙ ДВИЖОК .....	144
Алексейцева Н.Д. РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА ПОДДЕРЖКИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЙ-ПОСТАВЩИКОВ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ .....	146
Алексейцева Н.Д., Ярош Е.Г. ВАЖНОСТЬ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА В ОБЛАСТИ ДИСТРИБУЦИИ ПРОТИВОУГОННЫХ СИСТЕМ.....	148
Аникин Д.В. РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «КАРМАННЫЙ ПУТЕВОДИТЕЛЬ В МИР ИСКУССТВА» .....	150
Башинский Р. А., Терёхин Б. Д. ИНТЕРАКТИВНЫЙ ТРЕНАЖЕР УЛУЧШЕНИЯ ПРОИЗНОШЕНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА .....	152
Бобров Д.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ 2D МОДЕЛИ ИЗИНГА С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ .....	153
Болычев Л.И. ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ЛАНДШАФТНОЙ ГЕОГРАФИИ .....	155

Борщевский И.О., Пяткин А.В. ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНОВ И ПРИНЦИПОВ ЮЗАБИЛИТИ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ОБУЧАЮЩЕГО ТРЕНАЖЁРА ПО АЛГОРИТМАМ БИНАРНЫХ ДЕРЕВЬЕВ .....	157
Васильев О.И. ВЛИЯНИЕ ФАКТОРА СОБСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ РЕПОЗИТОРИЕВ НА ВЫБОР АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ БИБЛИОТЕЧНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ БИБЛИОТЕКИ .....	159
Воробьева К.В., Кузнецов Е.А. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ГЕНЕРАЦИИ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ И РАСПОЗНАВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ .....	160
Гандзюк Д.А., Шевелев Р.В. ВЫЯВЛЕНИЕ УЯЗВИМОСТЕЙ В СМАРТ-КОНТРАКТАХ С ПОМОЩЬЮ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ .....	162
Герус П.А., Проценко Д.В. РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПИСЬМЕННОМУ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ .....	163
Дьячек Е.Ю. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ РАЦИОНА ПИТАНИЯ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ .....	165
Еремеев Д.С., Прокопец А.С., Кудряшова Д.Н., Татаренко И.Е., Чашемов М. СБОР И ОБРАБОТКА АСТРОНОМИЧЕСКИХ ДАННЫХ .....	166
Ермак В.М., Лазарев А.Е., Лебединский И.В., Пасько У.Н. ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ ОБУЧАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ В ЗАДАЧАХ СТАТИКИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ .....	168
Зеленин К.В. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ АНАЛИЗА ВНЕШНЕПОЛИТИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ .....	170
Зенков М.А. СУЩЕСТВУЮЩИЕ ИНТЕРАКТИВНЫЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ РУССКОМУ ЯЗЫКУ КАК ИНОСТРАННОМУ .....	171
Ильинская В.А. АНАЛИЗ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ КРОССПЛАТФОРМЕННЫХ МЕССЕНДЖЕРОВ .....	172
Каменщикова С.В., Литвинова П.В., Манжос А.И. РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ВЕБ-СЕРВИСА ДЛЯ ИНФОРМИРОВАНИЯ О НАУЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЯХ .....	174
Корогод Д.А., Федоров А.М. ВЫБОР ПОДХОДА К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРИЯ ИГР» .....	176
Костюченко А. И. РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЖЕСТОВОГО УПРАВЛЕНИЯ В МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ С ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТЬЮ .....	180
Кочетков А.Е. РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ПРОБЛЕМЫ В ДВФУ. РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОИСКА ПОПУТЧИКОВ С ПРОГНОЗИРОВАНИЕМ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОТЛОЖЕННОЙ ПОЕЗДКИ .....	182
Куксин Н.С., Домжалов И.Г. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РАЗРАБОТАННЫХ НА ОСНОВЕ ПРЕДИКТОРОВ В НЕПРЕРЫВНОЙ И МНОГОУРОВНЕВОЙ КАТЕГОРИАЛЬНОЙ ФОРМАХ .....	183
Лемеш В.Е. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ ОБУЧЕНИЯ МЕТОДУ ОНТОЛОГО-ОРИЕНТИРОВАННОГО АНАЛИЗА И МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ .....	185
Логачев Е.М. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ПО 3Д РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ ПО ВИДЕОПОТОКУ В ДИНАМИЧЕСКОЙ СЦЕНЕ .....	187
Макаров С.С., Ипатов Г.Г. НARRATIV КАК ИСХОДНАЯ ТОЧКА В СОЗДАНИИ ИГРОВОГО ПРОЕКТА .....	189
Манжос А.И., Каменщикова С.В., Литвинова П.В. РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ВЕБ-СЕРВИСА ДЛЯ ИНФОРМИРОВАНИЯ О СФЕРЕ УСЛУГ КАМПУСА ДВФУ .....	191
Мареев И. С. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕНЕРАТОРА ЗАДАЧ И ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТЕЙ ГЕНЕРАТИВНЫХ ИСКУССТВЕННЫХ ИНТЕЛЛЕКТОВ В ИХ РЕШЕНИИ .....	194
Мельникова Е.А. РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ВИДОВ .....	196
Моисеев Д.А. , Ваяй М.С. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ АНАЛИЗА АРБИТРАЖНЫХ СИТУАЦИЙ НА ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ .....	198
Налимов Д. В. СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА РЫНКА ИГРОВЫХ ПРЕДМЕТОВ .....	199
Пак К.С., Югалдина Ю.К. УСТРАНЕНИЕ ДЕФЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ .....	201
Похорукова А.А. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВЫЯВЛЕНИЯ АКАДЕМИЧЕСКОГО МОШЕННИЧЕСТВА НА ОНЛАЙН ПЛАТФОРМАХ .....	203

Рева С.Б. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ВРАЧА-ДИЕТОЛОГА ....	205
Седых А.Н. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАФИКА НА МОРСКИХ АКВАТОРИЯХ.....	207
Сидельникова М.П., Хмелевский Е.Д. МЕТОДЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ АСПЕКТНЫХ ТЕРМИНОВ.....	209
Сидоров Е.А. РАЗРАБОТКА КОНТЕНТНОЙ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ОПИСАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТИ .....	211
Сидорова С.В. ИНТЕРАКТИВНАЯ КАРТА КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОДВИЖЕНИЯ БИБЛИОТЕК В ИНТЕРНЕТ ПРОСТРАНСТВЕ.....	213
Старцев Д.А. ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ, ОСНОВАННЫХ НА МНОГОУРОВНЕВЫХ МОДЕЛЯХ .....	214
Стрелов Г. С. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ДЕФЕКТОВ У СНИМКОВ СПУТНИКА «ФЭНЬЮНЬ-3Д» .....	216
Стрельцов А.Р., Грац В.С., Мачкасов Д.А. СИСТЕМА ТЕСТИРОВАНИЯ УЧАЩИХСЯ НА ПОНИМАНИЕ АЛГОРИТМОВ.....	218
Тимерханов Р.А. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СТРУКТУРИРОВАННЫХ ДАННЫХ ИЗ ТЕКСТОВЫХ ПРОТОКОЛОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ .....	219
Федоров А.М., Корогод Д.А. ПРИМЕНЕНИЕ UX-ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ИГРОВОГО МОДУЛЯ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ .....	221
Фролов А.А., Матюнин Е.Я. ПОДДЕРЖКА ВОВЛЕЧЁННОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ ONLINE-ОБРАЗОВАНИЯ.....	223
Хмелевский И.А. РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО АССИСТЕНТА НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ОБЛАСТИ ГЕНЕРАЦИИ МУЗЫКИ .....	225
Храмцова С.А. МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОВОКУПНОЙ МОЩИ ГОСУДАРСТВ .....	227
Цветков С.О. ПРИМЕНЕНИЕ ШАБЛОНОВ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ .....	229
Чемериская Е.В., Доржиев А.С., Шулятьев А.А. АНАЛИЗ КАЧЕСТВА НАБОРА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВАХ ОБУЧЕНИЯ .....	231
Шулятьев А.А., Доржиев А.С., Чемериская Е.В. СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ УЧАЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ».....	234
Шутов К.С. СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ АППАРАТОМ В АВТОНОМНОМ И РУЧНОМ РЕЖИМАХ .....	236
Щетинин Д. О. НЕЙРОСЕТЕВОЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ .....	237
Явтуховский Е.Ю., Булбук Д.П., Ярмонов А.С. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ СТАНДАРТИЗАЦИИ ПОДХОДОВ В ОБЛАСТИ МОНИТОРИНГА ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ СИСТЕМ .....	239
Ярош Е.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОСТИ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ВЕКТОРНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ОПЕРАЦИЙ НАД МАТРИЦАМИ .....	241
Раздел VII КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ, МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ И ГЕНЕТИКА .....	243
Алавердов Е.С., Дегтяренко А.И., Югай Ю.А. ПРИРОДА И РОЛЬ БЕТАИНОВ КАК ФАКТОРОВ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ .....	243
Белова В.С., Кокоулин М.С. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЛИПООЛИГОСАХАРИДА МОРСКОЙ ГРАМОТРИЦАТЕЛЬНОЙ БАКТЕРИИ KANGIELLA JAPONICA КММ 3897 .....	245
Береш А.А., Ананьев А.А., Киселев К.В. ВЛИЯНИЕ СВЕРХЭКСПРЕССИИ ГЕНА VaCCaMK И ЕГО СПЛАЙСИРОВАННЫХ ФОРМ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ВИНОГРАДА VITIS AMURENSIS RUPR. К АБИОТИЧЕСКОМУ СТРЕССУ .....	246
Бурылова А.Л., Сабуцкий Ю.Е., Менчинская Е.С. БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НОВЫХ ТИОГЛИКОЗИДНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 1,4-НАФТОХИНОНА .....	247
Волкова А.Л. ПЕРСПЕКТИВЫ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ОФИУР (ECHINODERMATA: ORPHUROIDEA) .....	249
Дегтярева В.С., Васюткина Е.А., Шкрыль Ю.Н. ИЗУЧЕНИЕ НОВОГО НАД+-СВЯЗЫВАЮЩЕГО БЕЛКА ИЗ IPOMOEA BATATAS .....	250

Днепровская А.А., Нитяговский Н.Н., Алейнова О.А., Киселёв К.В. РАЗРАБОТКА МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ ВОЗБУДИТЕЛЯ ЛОЖНОЙ МУЧНИСТОЙ РОСЫ ВИНОГРАДА <i>PLASMOPARA VITICOLA</i> НА ОСНОВЕ ПЦР С ДЕТЕКЦИЕЙ РЕЗУЛЬТАТОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ.....	251
Заварзина Л.Д., Любимов С.Д. МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖБЕЛКОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В РАМКАХ СОЛИТОННОЙ МОДЕЛИ НА ПРИМЕРЕ АМИЛИНА ЧЕЛОВЕКА .....	252
Затолока Д.А., Калинина К.А. ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ В СЕМЕЙСТВЕ <i>PSILOSTOMATIDAE</i> ( <i>TREMATODA</i> ) НА ОСНОВЕ МИТОХОНДРИАЛЬНОГО МАРКЕРА <i>NAD1</i> .....	254
Кашина А.А., Завальная Е.Г. ИДЕНТИФИКАЦИЯ БЕЛКА <i>PIWI</i> В КЛЕТКАХ ЦЕЛОМИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ ТРЕПАНГА <i>APOSTICHOPUS JAPONICUS</i> ПОСЛЕ ЭВИСЦЕРАЦИИ.....	255
Кондратьева Д.С., Танкович А.Е. ФОРМИРОВАНИЕ ДОФАМИНЕРГИЧЕСКОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ У ЛИЧИНОК МОРСКИХ ЕЖЕЙ.....	257
Кондратьева Е. В., Шадрин И. Ю. ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ РЕЦЕПТОРНОГО ПРОФИЛЯ И МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИММУНОКОМПЕТЕНТНЫХ КЛЕТОК ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МИКРОТОКСИКАНТОВ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ .....	258
Крохалева Е.В. ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДЛИННОПАЛОЙ НОЧНИЦЫ <i>MYOTIS MACRODACTYLUS</i> (ТЕММИНCK, 1840) НА ТЕРРИТОРИИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ .....	260
Лембикова Д. Е., Зуева А.О., Ермакова С.П. СРАВНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОИЗВОДНЫХ ФУКОИДАНА ИЗ <i>FUCUS EVANESCENS</i> , ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ХИМИЧЕСКОГО И ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗА .....	262
Мартынова А.А. ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НЕМЕРТИН ИЗ КОМПЛЕКСА <i>EMPLECTONEMA GRACILE</i> В ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЯХ РОССИИ .....	264
Невоструева П.А. ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГЕНА ЦИТОХРОМА <i>В</i> У МАНЬЧЖУРСКОЙ БЕЛОЗУБКИ <i>CROCIDURA SHANTUNGENSIS MILLER, 1901</i> НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ .....	265
Попова А. А. ФИЛОГЕНИЯ РОДА <i>TAKYDROMUS</i> ПО ДАННЫМ ИЗМЕНЧИВОСТИ УЧАСТКА ГЕНА ЦИТОХРОМА <i>В</i> .....	266
Руденко Д.А., Шкрыль Ю.Н. ВЛИЯНИЕ ГЕНОВ <i>ROLB</i> И <i>ROLC</i> НА СОСТАВ ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ <i>ARISTOLOCHIA MANSURIENSIS</i> И ИЗУЧЕНИЕ ИХ ПРОТИВООПУХОЛЕВОЙ АКТИВНОСТИ .....	268
Рыбинская Т.В., Ким Н.Ю. ВЛИЯНИЕ АНИОНОВ ХОФМАЙСТЕРА НА ВТОРИЧНУЮ СТРУКТУРУ И АМИЛОИДОПОДОБНУЮ АГРЕГАЦИЮ ОМРФ ПОРИНА НАРУЖНОЙ МЕМБРАНЫ <i>YERSINIA PSEUDOTUBERCULOSIS</i> .....	270
Соломатина Т.О, Веремейчик Г.Н. АУКСИН-НЕЗАВИСИМЫЙ РОСТ КЛЕТОЧНЫХ КУЛЬТУР <i>RUBIA CORDIFOLIA L.</i> , ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ГЕНОМ АГРОБАКТЕРИАЛЬНЫМ <i>ROLA</i> .....	272
Сошникова П.Д. ОРГАНИЗАЦИЯ КОЖНЫХ ПОКРОВОВ ГОПЛОНЕМЕРТИНЫ <i>MALACOBDELLA GROSSA</i> ..	274
Тихонова О.А., Веремейчик Г.Н. ВЛИЯНИЕ МУТАЦИИ В СОЕДИНИТЕЛЬНОМ ДОМЕНЕ <i>CDPK1</i> НА ПРОЦЕССЫ СТРЕСС-ИНДУЦИРОВАННОЙ ДЕГРАДАЦИИ ХЛОРОФИЛА .....	275
Шибаева В. В. ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СИБИРСКОГО ТРУБКОНОСА <i>MURINA HILGENDORFI (PETERS, 1880)</i> НА ТЕРРИТОРИИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ .....	277
Шкрыль Ю.Н., Сорокина М.Р., Русалетова Т.В., Югай Ю.А., Елисейкина М.Г. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАСТИТЕЛЬНОГО БИОФАРМИНГА ВАКЦИН НА ОСНОВЕ ВИРУСОПОДОБНЫХ ЧАСТИЦ .....	279
Шпеко В.С. ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГЕНА ЦИТОХРОМА <i>В</i> У КРАСНО-СЕРОЙ ПОЛЕВКИ <i>CRASEOMYS RUFOCANUS</i> В ПРИМОРСКОМ КРАЕ .....	281
Шульга У.Е. ВЫЯВЛЕНИЕ НЕНЕЙРОНАЛЬНОГО АЦЕТИЛХОЛИНА В ГОНАДАХ МОРСКИХ ЗВЁЗД <i>PATIRIA PECTINIFERA</i> .....	283
Фиалко А.В., Шкрыль Ю.Н., Булгаков В.П. РОЛЬ ГЕНА <i>HOS1 ARABIDOPSIS THALIANA</i> В АДАПТАЦИИ К ХОЛОДОВОМУ СТРЕССУ .....	285
Хопта А.А, Веремейчик Г.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ АГРОБАКТЕРИАЛЬНОГО ГЕНА <i>ROLB</i> В ПРОЦЕССАХ ТЕРМОТОЛЕРАНТНОСТИ РАСТЕНИЙ .....	286
Раздел VIII МАТЕМАТИКА .....	288
Бондрова О.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО КОТИКА .....	288
Афанасьева-Григорьева Анна Сергеевна ПОВЕДЕНИЕ ОБОБЩЕННОГО ПРИВЕДЕННОГО МОДУЛЯ ПРИ ПОЛЯРИЗАЦИИ .....	289

<b>Бахтин К.Е. ОБОБЩЕНИЯ ФОРМУЛ СУММИРОВАНИЯ КАРЛСОНА - МИНТОНА ДЛЯ ГИПЕРГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ТИПА IPD .....</b>	291
<b>Обидова Ш.К. АКСИОМАТИЗИРУЕМОСТЬ КЛАССА КОНГРУЭНЦ-ПЕРЕСТАНОВОЧНЫХ УНАРОВ .....</b>	292
<b>Сахаров И.А. О СТЕПЕНИХ СЕМАНТИЧЕСКОЙ И СИНТАКСИЧЕСКОЙ ЖЕСТКОСТИ СВЯЗНЫХ УНАРОВ БЕЗ ЛИСТЬЕВ .....</b>	293
<b>Симаков В.К. КОГОМОЛОГИИ ЧЕХА ОДНОЭЛЕМЕНТНОГО СЕМЕЙСТВА .....</b>	294
<b>Раздел IX МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ .....</b>	296
<b>Дранов С.В., Афанасьева С.Д. НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКА КРОВИ В АРТЕРИИ С СУЖАЮЩИМСЯ КАНАЛОМ УРАВНЕНИЯМИ НАВЬЕ-СТОКСА.....</b>	296
<b>Коневец А. В. МОДЕЛИРОВАНИЕ LDPC КОДОВ ИЗ СТАНДАРТА 5G NEW RADIO .....</b>	298
<b>Проказюк С.Ю. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ НЕРАЗРЫВНОСТИ МЕТОДОМ ХАРАКТЕРИСТИК.....</b>	300
<b>Поповкин А. А., Жесткова В. О., Севостьянов Д. С., Плешанов Д. А., Вегера Д. Е. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ КРОВИ В МИКРОСОСУДАХ.....</b>	301
<b>Багрова А.А., Ермишина В.В. СТЕПЕННЫЕ ЗАКОНЫ ЗВЕЗДНОГО НЕБА .....</b>	303
<b>Васильев Е.В., Капитан Д.Ю., Рыбин А.Е., Капитан В.Ю. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ СКИРМИОНА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО .....</b>	304
<b>Гренкин Г.В. РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ НАХОЖДЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ В МОДЕЛИ СЛОЖНОГО ТЕПЛООБМЕНА .....</b>	305
<b>А. А. Громыко ВЛИЯНИЕ ВНУТРИВИДОВОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА ДИНАМИКУ ПОПУЛЯЦИИ ПРИ ПРОТАНДРИИ .....</b>	306
<b>К. М. Дорошева МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОМОДОВОГО ОПТИЧЕСКОГО СЕНСОРА НА ОСНОВЕ ОДНОМЕРНОГО ФОТОННОГО КРИСТАЛЛА.....</b>	308
<b>Елистратов В.Е. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ РЕШЕНИИ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ПЕРВОГО ПОРЯДКА.....</b>	310
<b>Миролюбова А.А. ЧИСЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА РЕШЕНИЯ ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ШТУРМА-ЛИУВИЛЯ НА ПОЛУБЕСКОНЕЧНОМ ИНТЕРВАЛЕ .....</b>	311
<b>Лютарь В.П., Глушенко С.Д. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА КОСЛОРОДА В ТКАНЯХ МОЗГА .....</b>	315
<b>Рыжая А. Д. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КИСЛОРОДА В ТКАНЯХ.....</b>	316
<b>Смагина Е.Г. МАТРИЧНАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАСЕЛЕНИЯ РОССИИ .....</b>	318
<b>Блохина В. Д., Грузков Б.А., Загибин А. А., Коваль И. Е., Земсков С. М., Кириенко Д. О. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРИВЕННОЙ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ.....</b>	320
<b>Кузьмин З.Д. ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ РАКА ШЕЙКИ МАТКИ НА ОСНОВЕ ЦИТОКИНОВОГО ПРОФИЛЯ ПАЦИЕНТА .....</b>	322
<b>Глобин Д.А., Шкуратова Д.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИНИЙ РАЗРЫВА КОЭФФИЦИЕНТА ОСЛАБЛЕНИЯ МЕТОДАМИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ.....</b>	325
<b>Сказкин М.А., Луговой А.А. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ДВУМЕРНЫХ ЗАДАЧ ТЕПЛОВОЙ МАСКИРОВКИ .....</b>	327
<b>Антохин О.Р., Пак Т.В. ФУНКЦИИ МАТЬЕ В ЗАДАЧАХ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ .....</b>	328
<b>Кобзарь Д.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3Д-МЕТОК ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ .....</b>	329
<b>Афанасьева С.Д., Дранов С.В. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКА КРОВИ В АРТЕРИИ С СУЖАЮЩИМСЯ КАНАЛОМ УРАВНЕНИЯМИ НАВЬЕ-СТОКСА ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....</b>	332
<b>Пищиков А.А. АНАЛИЗ ПОЛУЛИНЕЙНОЙ ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ И ЕГО ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	334
<b>Раздел X МИКРОБИОЛОГИЯ .....</b>	335
<b>Григоров Р.А. ИССЛЕДОВАНИЕ АНАЭРОБНЫХ ПРОЦЕССОВ ОКИСЛЕНИЯ МЕТАНА В МОРСКИХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ТИХОГО ОКЕАНА С ПОМОЩЬЮ МИКРОБНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА .....</b>	335
<b>Кузнецова А.С. Захарков С.П. ПРОДУКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА И ФИТОПЛАНКТОНА ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ .....</b>	336

Ахмедов М.Ч. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ .....	337
Бережная С.Р. РАЗНООБРАЗИЕ ФОСФАТСОЛЮБИЛИЗИРУЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВЕ .....	338
Козырев Д.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОГО ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НЕКОТОРЫХ ПЛЁНОК НА ОСНОВЕ ШИРОКОЗОННЫХ ПРОВОДНИКОВ .....	340
Литвинов Н.А. ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ОБРАЗОВАНИЕМ БИОПЛЕНОК В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ .....	342
Лысенко М. Е. БАКТЕРИИ ОСТРОВА РУССКИЙ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ДЕГРАДАЦИИ ПЛАСТИКА .....	343
Макаров А.И. ГЕТЕРОЛОГИЧНАЯ ЭКСПРЕССИЯ ЩЕЛОЧНОЙ ФОСФАТАЗЫ В КЛЕТКАХ <i>ESCHERICHIA COLI</i> .....	345
Мартыненко Е. С. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВАХ И ОРТШТЕЙНАХ УСЛОВНО НЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ .....	346
Медведева А.Д. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БИОСУРФАКТАНТОВ И ИХ РОЛЬ В ЖИЗНИ МИКРООРГАНИЗМОВ-ПРОДУЦЕНТОВ .....	348
Новокшонова М. А. ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПАТОГЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА У БАКТЕРИЙ, ОБИТАЮЩИХ В МОРСКОЙ СРЕДЕ .....	349
Писарева Е.О., Богатыренко Е.А., Дункай Т.И. МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ В ИССЛЕДОВАНИИ БАКТЕРИАЛЬНОГО РАЗНООБРАЗИЯ МИКРОБИОМА КИШЕЧНИКА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА ( <i>APOSTICHOPUS JAPONICUS</i> ) .....	350
Русакова Д.А. ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ПСИХРОТОЛЕРАНТНЫХ БАКТЕРИЙ .....	352
Рысева Ю. Ю., Лебедева Е. Г. ВЛИЯНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (La, Ce, Gd) НА РОСТ ГЕТЕРОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ.....	353
Ткачева К. В., Богатыренко Е. А., Ковалев Н. Н. ХИТИНАЗЫ МОРСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ .....	355
Тютина В.В., Валяев Д.А., Садыков А.Н. ГРИБЫ КАК ЧАСТЬ СЕДИМЕНТОВ И АЭРОЗОЛЕЙ ПРИЗЕМНЫХ СЛОЕВ ВОЗДУХА В ГОРОДАХ РАЗНЫХ ПРИРОДНЫХ ЗОН (НА ПРИМЕРЕ СЫКТЫВКАРА, МОСКВЫ, КРАСНОДАРА И СОЧИ) .....	357
<b>Раздел XI ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ..</b>	<b>359</b>
Алексеев В.А., Фролов К.Р. ПРАВОВАЯ БАЗА, МЕТОДИКИ РАСЧЁТА И ОТЧЕТНОСТЬ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ОБЛАСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРЕДПРИЯТИЯ .....	359
Гаврик А.Е., А.А. Ковшун СРАВНЕНИЕ СХЕМ УТИЛИЗАЦИИ ЩЕЛОЧНЫХ ГИДРОЛИЗАТОВ ПЛОДОВЫХ ОБОЛОЧЕК РИСА С ПОЛУЧЕНИЕМ ТВЕРДЫХ ПРОДУКТОВ .....	361
Гришин Д.А. ТЕМПЛАТНЫЙ СИНТЕЗ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АМОРФНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ	362
В.О. Дряхлов ПРИРОДОПОДОБНЫЕ МЕМБРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	363
Зуб С.Е., Арефьева О.Д. КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ АНТИБИОТИКОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД .....	365
Марченко АВ., Арефьева О.Д., Васильева М.С. МЕХАНИЗМ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ ДЕГРАДАЦИИ МЕТИЛОВОГО ОРАНЖЕВОГО В ПРИСУТСТВИИ ZnO/SiO <sub>2</sub> .....	367
Пустовойт К.Д. УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИЕ СОРБЕНТЫ ИЗ ПЛОДОВЫХ ОБОЛОЧЕК ПОДСОЛНЕЧНИКА .....	368
Савченко А.Е., Арефьева О.Д. ПРИМЕНЕНИЕ ОБОРОТНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ В СХЕМЕ ПОЛУЧЕНИЯ АМОРФНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ .....	369
Харченко В.Г., Ориничева П.Д. Цыганок В.С., Фролов К.Р. ХВОСТОХРАНИЛИЩА ДАЛЬНЕГОРСКОГО ГОК: ХАРАКТЕРИСТИКА ОТХОДОВ, ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ГИДРОСФЕРУ .....	371
<b>Раздел XII ПОЧВОВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>373</b>
Апенко Т.С., Брикман А.В., Гилёв А.М., Науменко М.М., Гоменюк Р.А. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОУГЛЯ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ В ГИДРОПОНИКЕ .....	373
Брикман А.В., Гилёв А.М. СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕГО АЗОТА В АКВАПОЧВАХ УССУРИЙСКОГО ЗАЛИВА ЯПОНСКОГО МОРЯ .....	375
Биклибаева А.Р., Ячмень Л.П., Сухин Д.В., Соцкая А.А., Гилёв А.М. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТОВ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ГУМАТА НАТРИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ БАЗИЛИКА ..	376
Вавилёнок В.В. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ГОРИЗОНТОВ ГАЗОНОВ КАМПУСА ДВФУ .....	378

Гилёв А.М., Брикман А.В., Нестерова О.В., Семаль В.А., Егорин А.М. <b>НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ГОРИЗОНТОВ ПОЧВ ПОБЕРЕЖЬЯ ЮГО-ВОСТОКА ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА</b> .....	380
Гуменная Е.А. <b>СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В АНТРОПОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ПОЧВАХ ПРИ ВНЕСЕНИИ БИОУГЛЯ НА О. РУССКИЙ</b> .....	382
Гуменюк Ю.Д. <b>ИЗУЧЕНИЕ ПОРОЗНОСТИ РЕПЛАНТОЗЁМОВ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ВДЦ «ОКЕАН»</b> .....	384
Дмитренко Г.Д., Жанков Г.В. <b>СОДЕРЖАНИЕ ДОСТУПНЫХ ФОСФАТОВ В ГРУНТАХ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ</b> .....	386
Жанков Г.В., Дмитренко Г.Д. <b>КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВО-ГРУНТОВ</b> .....	388
Кальченко В.А., Смирнова А.Д., Апенко Т.С., Гилёв А.М. <b>ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОРОЛОНА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ ЛИСТОВОГО САЛАТА</b> .....	389
Кириллова А.А. <b>ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БУРОЗЕМОВ ТЕМНОГУМУСОВЫХ ОСТАТОЧНО-КАРБОНАТНЫХ</b> .....	391
Козлова А.А., Брикман А.В. <b>ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КИСЛОТНОСТИ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ БИОУГЛЯ, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ РАЗЛИЧНОГО СЫРЬЯ</b> .....	393
Мирошниченко Ю.Д. <b>СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ И КУЛЬТУРНЫХ СЛОЯХ ГЕОАРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ ТАМБОВЩИНЫ</b> .....	395
Постнов П.Н. <b>ИЗУЧЕНИЕ КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНЫХ СВОЙСТВ ЕСТЕСТВЕННО-АНТРОПОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНО ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ПОЧВ</b> .....	396
Смирнова А.Д., Кальченко В.А., Апенко Т.С., Гилёв А.М. <b>ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНФЕЛЬЦИИ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ ЛИСТОВОГО САЛАТА</b> .....	398
Сухин Д.В., Биклибаева А.Р., Гилёв А.М., Соцкая А.А., Ячмень Л.П. <b>ВЫРАЩИВАНИЕ БАЗИЛИКА ЗЕЛЁНОГО В МАЛООБЪЕМНОЙ ГИДРОПОНИКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОРОЛОНА В КАЧЕСТВЕ СУБСТРАТА И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ</b> .....	400
Чернолецкая А.Е., Бондаренко М.Л. <b>ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГУМУСОВОГО ГОРИЗОНТА АГРОПОЧВЫ ПОД ПЕРМАКУЛЬТУРОЙ</b> .....	402
Шамкин Н.С. <b>СОДЕРЖАНИЕ КИСЛОТОРАСТВОРИМЫХ ФОРМ СВИНЦА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ В ЗАЛИВЕ ПОСЬЕТА ЯПОНСКОГО МОРЯ</b> .....	404
Ягова В.И., Карпенко Т.Ю. <b>ОЦЕНКА КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ГУМУСА БУРОЗЕМОВ ПОЛУОСТРОВА ГАМОВА МЭС МЫСА ШУЛЬЦ ПРИМОРСКОГО КРАЯ</b> .....	406
Янькова А.А. <b>ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ЛЕСНОЙ ОПЫТНОЙ ДАЧИ РГАУ-МСХА</b> .....	408
Ячмень Л.П., Биклибаева А.Р., Гилёв А.М., Сухин Д.В., Бондаренко М.Л. <b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО СУБСТРАТА НА ОСНОВЕ AHNFELTIA TOBUCHIENSIS И ЖИДКИХ ГУМАТОВ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ БАЗИЛИКА В ГИДРОПОНИКЕ</b> .....	409
<b>Раздел XIII ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ</b> .....	412
Сероштан А.И., Иванов Н.П., Мармаза П.А., Шичалин О.О. <b>ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ФЕРРИТА <math>ZnFe_2O_4</math> В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ СИНТЕЗА С ЦЕЛЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОДНОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ВОДОРОДА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИЗА</b> .....	412
Елещенко П.П., Григорьева А. Е., Грук В. А., Азон С.А. <b>БЫСТРОЕ ПРОТОТИПИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРЕСС-ФОРМ ДЛЯ ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКОГО ЛИТЬЯ</b> .....	413
Кокорина Н.Г., Балыбина В.А., Куулар Ж.С., Савельева Н.Ю. <b>РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ГИДРОФОБНОГО НЕФТЕСОРБЕНТА</b> .....	414
Савельева Н. Ю., Балыбина В.А., Куулар Ж.С., Кокорина Н. Г. <b>СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ФЕРРОЦИАНИДОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕЗИЯ ИЗ ЖИДКИХ СРЕД</b> .....	415
Куулар Ж.С., Балыбина В.А., Савельева Н.Ю., Кокорина Н.Г. <b>СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ОКСИДА ВОЛЬФРАМА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СТРОНЦИЯ ИЗ ВОДНЫХ СРЕД</b> .....	417
Капустина О. В. <b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СООТНОШЕНИЯ ГИДРОКСИАПАТИТА КАЛЬЦИЯ К СИЛИКАТУ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОСТЕОИНДУКТИВНОЙ КЕРАМИКИ</b> .....	418

Лембиков А.О., Зернов Я. Г., Писарев С. М., Золотников С.К., Драньков А.Н. <b>НИЗКОЛЕГИРОВАННАЯ БЫСТРОРЕЖУЩАЯ СТАЛЬ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В ЖЕЛЕЗНОЙ МАТРИЦЕ, ДИСПЕРСИОННО-УПРОЧЕННАЯ СРЕДНЕЭНТРОПИЙНОЙ КЕРАМИКОЙ (W, Ti, Ta, Cr) C</b> .....	420
Мармаза П.А., Иванов Н.П., Растворгувев В.Л., Сероштан А.И. <b>ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО СИНТЕЗА ДВУХКАТИОННОЙ ФОРМЫ ТИТАНОСИЛИКАТА СТРУКТУРНОГО ТИПА GTS ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО УДАЛЕНИЯ <math>^{137}\text{Cs}</math> ИЗ ЖРО</b> .....	421
Силиванов Е.В., Лембиков А.О., Золотников С.К., Гниляк Е.А., Драньков А. Н. <b>СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНТРОПИЙНЫХ КЕРАМИК НА ОСНОВЕ WC, TiC, TaC, HFC, ZrC, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ</b> .....	423
Бугаец М. А., Марьясова А. Я. <b>ПОЛИМЕРНЫЕ ЛЮМИНИСЦЕНТНЫЕ КОМПОЗИЦИИ, ДОПИРОВАННЫЕ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫМИ <math>\beta</math>-ДИКЕТОНАТАМИ ДИФТОРИДА БОРА: ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ СЕНСОРА ДЛЯ РАННЕЙ НЕИВАЗИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ</b> .....	424
Гурин М.С., Иванов Н.П., Золотников С.К., Сероштан А.И., Шичалин О.О. <b>ИСКРОВОЕ ПЛАЗМЕННОЕ СПЕКАНИЕ MAX-ФАЗЫ <math>\text{Ti}_3\text{AlC}_2</math> ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ</b> .....	426
Писарев С.М., Зернов Я.Г., Грук В. А., Григорьева А. Е., Сахневич В.Н. <b>УПРОЧНЕНИЕ ТИТАНОВОГО КОМПОЗИТА ПРИ ПОМОЩЬЮ СРЕДНЕЭНТРОПИЙНОЙ КЕРАМИКИ (W, Ti, Ta)C, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ</b> .....	428
Иванов Н.П., Сероштан А.И., Мармаза П.А., Гниляк Е.А., Шичалин О.О. <b>РЕАКЦИОННОЕ ИСКРОВОЕ ПЛАЗМЕННОЕ СПЕКАНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОДОВ <math>\text{Mo}_2\text{C}/\text{Mo}_3\text{Co}_3\text{C}</math> ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ</b> .....	429
Левенец К.Р., Васильева М.С. <b>ПЛАЗМЕННО-ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ <math>\text{TiO}_2\text{-BaO}</math> ПЛЕНОЧНЫХ КОМПОЗИТОВ</b> .....	431
Растворгувев В.Л., Иванов Н.П., Мармаза П.А., Ярусова С.Б. <b>ИССЛЕДОВАНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТРИЦ, ПОЛУЧЕННЫХ ПУТЬМ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ СИЛИКАТА КАЛЬЦИЯ, СИНТЕЗИРОВАННОГО ИЗ ОТХОДОВ БОРНОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ Co-60</b> .....	432
Стаканова Н.А., Старовойтов Н.П., Козлов П.В., Ремизов М.Б., Тананаев И.Г. <b>ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ СТЕКЛОМАТРИЦ ПРИ СИНТЕЗЕ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ</b> .....	433
Мальцев А.А. <b>РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛУТОНИЯ В МАТРИЦЕ МОКС-ТОПЛИВА С ЦЕЛЬЮ ОБОСНОВАНИЯ ГОМОГЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕЛЕВОГО КОМПОНЕНТА</b> .....	435
Баланов М.И., Ермолина К.Г., Штарев Д.С. <b>НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ГИБРИДНЫХ ПЕРОВСКИТОВ НА ОСНОВЕ ГАЛОГЕНИДОВ СВИНЦА И АЛКАНДИАМИНОВ ВИДА <math>[\text{H}_3\text{N}\text{-}(\text{CH}_2)_n\text{-NH}_3]\text{PbX}_4</math> (<math>n=4\text{-}8</math>, <math>X=\text{Cl}, \text{Br}, \text{I}</math>)</b> .....	436
<b>Раздел XIV ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА</b> .....	438
Ермишкина В.В., Багрова А.А. <b>ФРАКТАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ В АСТРОНОМИИ</b> .....	438
Каменев А.О., Каменев О.Т. <b>НЕЙРОСЕТЕВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ КВАЗИРАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СЕТИ С АМПЛИТУДНЫМИ ДАТЧИКАМИ</b> .....	439
Капалин А.В., Анкушев А.С. <b>ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОТОКОВОГО АНАЛИЗА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ИСКРОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ</b> .....	440
Маркова В. Р. <b>ПРОЯВЛЕНИЕ ВОДОРОДНОЙ И ГАЛОГЕННОЙ СВЯЗЕЙ В КОЛЕБАТЕЛЬНОМ СПЕКТРЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО <math>\beta</math>-КЕТОИМИНАТА ДИФТОРИДА БОРА</b> .....	441
Немтинов В.И. <b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДОРОДНОЙ СВЯЗИ В СИСТЕМЕ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ-ПОЛИТЭРФТОРЭТИЛЕН</b> .....	443
Савранский И.Д., Низамутдинов К.Э <b>МАСШТАБНАЯ ИНВАРИАНТНОСТЬ ЗВЕЗДНОГО НЕБА</b> .....	443
Юдин В.П. <b>ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИЗА. СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОЛИЗЁРА</b> .....	444
<b>Раздел XV ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА</b> .....	446
Андрейченко И. С., Шульга Д. В. <b>АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННОЙ АНИГИЛИЯЦИИ В ПРОТОН-АНТИПРОТОННУЮ ПАРУ</b> .....	446
Лобанова Э. А., Стронгин В. С., Анисич А. И., Терновой Н. К., Черкасов М. Д. <b>ЗАДАЧИ О ПОИСКЕ СОСТОЯНИЯ С МИНИМУМОМ ЭНЕРГИИ КВАНТОВОЙ МОДЕЛИ ИЗИНГА</b> .....	447

Диденко В. В., Буренин А. В. <b>АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ДОПЛЕРОВСКОГО СМЕЩЕНИЯ ЧАСТОТЫ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ В ГИДРОАКУСТИЧЕСКОМ ВОЛНОВОДЕ</b> .....	448
Капитан Д. Ю., Рыбин А. Е., Васильев Е. В., Капитан В. Ю. <b>ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ПОДХОДОВ К ИЗУЧЕНИЮ МОДЕЛЕЙ ФРУСТРИРОВАННЫХ СПИНОВЫХ СТЕКОЛ</b> .....	450
Лобанова Э. А., Стронгин В. С., Анистич А. И., Терновой Н. К., Черкасов М. Д. <b>РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИЙ ВЕРШИН РЕШЁТКИ АПАМЕЯ ДЛЯ СПИНОВОГО ЛЬДА</b> .....	452
Муштук П. С. <b>ОСЦИЛИРУЮЩИЙ ХАРАКТЕР ЭНЕРГИИ МАГНИТОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПИИ В ПЛЕНКАХ ГРАФЕН/Со<sub>n</sub></b> .....	454
Пак К. Р. <b>ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СТРУНЫ КХД В БЛИЗИ КАЗИМИРОВСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ</b> .....	456
Починок А. С., Гой В. А. <b>ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ КОНСТАНТ СВЯЗИ В АНИЗОТРОПНОЙ РЕШЕТОЧНОЙ МОДЕЛИ</b> .....	458
Прохоров Е. И., Нефедев К. В. <b>ПОИСК ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ ФРУСТРИРОВАННОЙ МОДЕЛИ ИЗИНГА МЕТОДОМ ДЕКОМПОЗИЦИИ</b> .....	460
Саенко В. А., Ширмовский С. Э., Шульга Д. В. <b>ИССЛЕДОВАНИЕ КВАНТОВЫХ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В МИКРОТРУБОЧКЕ КЛЕТКИ</b> .....	461
Степанов Д. В. <b>ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА ОПЕРАТОРА ДИРАКА В ДВУХ ФАЗАХ МАТЕРИИ</b> .....	462
Терновой Н. К., Лобанова Э. А. Черкасов М. Д., Стронгин В. С. Анистич А. И. <b>ЭНЕРГИЯ ДИПОЛЬНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ МАГНИТНЫМИ МОМЕНТАМИ НАНОЧАСТИЦ МАКРОСПИНОВОГО ЛЬДА НА РЕШЕТКЕ АПАМЕЯ</b> .....	464
Цуранова М. Э. <b>ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТАКЛИЗМИЧЕСКОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ЗВЕЗДЫ СН ORI</b> .....	467
Чепак А. К., Афремов Л. Л. <b>ПЕРЕСТРОЙКА МАГНИТНОЙ КЛАСТЕРНОЙ СТРУКТУРЫ ПРИ КОНЦЕНТРАЦИОННОМ ФАЗОВОМ ПЕРЕХОДЕ</b> .....	469
Черкасов М. Д., Лобанова Э. А., Анистич А. И., Терновой Н. К. <b>АЛГОРИТМ ПАРАЛЕЛЬНОГО ОТЖИГА В МОДЕЛИ ИЗИНГА. МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО</b> .....	470
<b>Раздел XVI ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ</b> .....	473
Анистич А.И., Лобанова Э.А., Терновой Н.К., Черкасов М.Д. <b>ЗАДАЧИ О ПОИСКЕ СОСТОЯНИЯ С МИНИМУМОМ ЭНЕРГИИ КВАНТОВОЙ МОДЕЛИ ИЗИНГА</b> .....	473
Кузнецова М.А., Козлов А.Г., Базров М.А., Шишлов А.Ф., Садовников А.В. <b>ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДЗЯЛОШИНСКОГО-МОРИИ В СИСТЕМЕ Pt/Co/СоО</b> .....	474
Намсараев Ж.Ж., Летушев М.Е., Базров М.А., Шишлов А.Ф., Давыденко А.В., Стеблий М.Е., Огнев А.В., Козлов А.Г. <b>ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОСТРУКТУР Pt/Co/MgO И WTe/Pt/Co/MgO МЕТОДОМ ГАРМОНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ХОЛЛА</b> .....	475
Пашев С. Р., Пинчук К. Е. <b>ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ СКАНИРУЮЩАЯ КАЛОРИМЕТРИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ АМОРФНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b> .....	477
Потапова С. Р., Прохорова В. И., Собиров М. И. <b>МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА И МОДЕЛИРОВАНИЕ Co/Ni- НАНОПРОВОЛОК ТИПА «МЕДУЗА»</b> .....	478
Приходченко А.В., Кузнецова М.А. <b>СТРУКТУРА И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК Pt/Co/MgO И WTe<sub>2</sub>/Pt/Co/MgO</b> .....	480
Прохорова В. И., Потапова С. Р., Собиров М. И. <b>СИНТЕЗ И МОРФОЛОГИЯ Co/Ni НАНОПРОВОЛОК ТИПА «МЕДУЗА»</b> .....	482
Ривас Д.А. <b>ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОВАЛЕНТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В СИСТЕМЕ ХЛОРОФИЛЛА-А С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА НАИМЕНЬШЕГО ГРАДИЕНТА ПЛОТНОСТИ.</b> .....	483
Рогачев К. А., Самардак А. Ю., Базров М. А., Шишлов А. Ф., Самардак А. С., Огнев А. В. <b>ЗАВИСИМОСТЬ СВОЙСТВ МАГНИТНЫХ ТОНКИХ ПЛЁНОК ОТ НАНОРАЗМЕРНОГО РЕЛЬЕФА</b> .....	485
Саповский И.М., Ильин Н.В., Крайнова Г.С., Рахматуллаев Т.Р. <b>КОЭРЦИТИВНАЯ СИЛА В КАЧЕСТВЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ИЗМЕНЕНИЙ СТРУКТУРЫ В ПРОЦЕССЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ АМОРФНЫХ И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ НА ПРИМЕРЕ БЫСТРОЗАКАЛЕННЫХ ЛЕНТ Fe-Cu-Nb-Si-B.</b> .....	486
Силина С.К., Турпак А.А., Шишлов А.Ф. <b>ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАГНИТНЫХ ХОЛЛ-СТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ ЧЕШУЕК ГРАФИТА</b> .....	489

Турпак А.А., Базров М.А., Кузнецова М.А., Намсараев Ж.Ж., Черноусов Н.Н., Козлов А.Г. Силина С.К. <b>ФОРМИРОВАНИЕ АСИММЕТРИЧНЫХ СИСТЕМ СО ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ ДЗЯЛОШИНСКОГО-МОРИЯ И СОТ-ЭФФЕКТОМ</b> .....	491
<b>Черноусов Н.Н. ОТЖИГ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ Si(111) И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА МОРФОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТИ</b> .....	493
Шишлов А.Ф., Черноусов Н.Н. Турпак А.А., Кузнецова М.А., Намсараев Ж.Ж., Козлов А.Г., <b>ОСОБЕННОСТИ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ МНОГОСЛОЙНЫХ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СВЕРХРЕШЕТОК Pd/Co/CoO</b> .....	495
<b>Раздел XVII ХИМИЯ</b> .....	497
Емельянова В. Г.,Щитовская Е. В., Колзунова Л. Г. <b>АМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТНЫЕ СЕНСОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА</b> .....	497
Перваков К.А., Шапкин Н.П. <b>СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И СОСТАВ ПОЛИАЛЮМО- ТРИС(АЦЕТИЛАЦЕТОНАТО)ЭТИЛСИЛОКСАНОВ</b> .....	499
Вашенко М.В., Ануфриев В.Ф. <b>СИНТЕЗ 2,3,6-ТРИГИДРОКСИ-7-(МЕТИЛ-Д3)НАФТАЗАРИНА, ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АНАЛОГА ЭХИНОХРОМА</b> .....	500
Громыко А.А., Капустина А.А. <b>ФОРМИРОВАНИЕ МЕТАПРЕДМЕТНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ЧЕРЕЗ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ И ПРОЕКТНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧАЩИХСЯ ПО ХИМИИ</b> .....	502
Ковач С.М., Третьякова Г.О., Пелагеев Д.Н. <b>ТЕРМИЧЕСКОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ МОНОАЗИДОНАФТАЗАРИНОВ И ИЗУЧЕНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВОЙСТВ ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРОДУКТОВ</b> .....	503
Попов Д.П., Васильева М.С. <b>ХАРАКТЕРИСТИКА Ві-СОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ НА ТИТАНЕ, СФОРМИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННО-ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ОКСИДИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОЛИТАХ-СУСПЕНЗИЯХ</b> .....	505
Корецкая К.И., Слабко О.Ю. <b>РЕАКЦИЯ ХИНОМОНОИМИНОВ РЯДА ПИРИДО[1,2-а]БЕНЗИМИДАЗОЛА С о-ФЕНИЛЕНДИАМИНОМ</b> .....	507
Журавлёв И. А., Тутов М.В. <b>СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ ПОЛИЭДРАЛЬНЫХ ОЛИГОМЕРНЫХ СИЛСЕСКВИОКСАНОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИДИМЕТСИЛОКСАНОВЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ</b> .....	508
Балацкий Д. В., Будникова Ю. Б., Васильева М.С. <b>КОМПОЗИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ TiO<sub>2</sub>-Y<sub>x</sub>CoFe<sub>2-x</sub>O<sub>4</sub> И TiO<sub>2</sub>-Y<sub>x</sub>CuFe<sub>2-x</sub>O<sub>4</sub>: ПОЛУЧЕНИЕ, СОСТАВ, ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА</b> .....	510
Хватов В.С., Жидков М.Е. <b>ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СИНТЕЗА 3,10-ДИБРОМ-6-(3'-ПИРИДИЛ)ФАСКАПЛИЗИНА</b> .....	512
Пуничев Е.Е., Либанов В.В. <b>МЕХАНОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ КОБАЛЬТ(III)ФЕНИЛСИЛОКСАНОВ</b> .....	514
Кулагина К. С., Мягчилов А. В., Соколова Л. И. <b>ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ТРИТЕРПЕНОИДОВ В РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТИЯХ РАСТЕНИЯ ATRACTYLODES OVATA (THUNB.) DC. И ИХ КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ</b> .	516
Авдеев Ф. С., Третьякова Г.О. <b>СИНТЕЗ 3-АМИНО-1,5-ДИФЕНИЛПЕНТА-4-ЕН-1-ОНАТА ДИФТОРИДА БОРА</b> ..	518
Чаплыгина Д.А., Патрушева О.В., Штарев Д.С. <b>ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ГИБРИДНЫХ ПЕРОВСКИТОВ НА ОСНОВЕ 2-МЕТИЛ- И 2-БРОММЕТИЛПИРИДИНОВ</b> .....	520
Бояркина В.А., Васильева М.С. <b>СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ Zn-, Cu-СОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ НА ТИТАНЕ</b> .....	521
Ермолина К.Г., Гач И.С., Чаплыгина Д.А., Патрушева О.В. <b>БРОМИРОВАНИЕ 4-МЕТИЛПИРИДИНА ПО КЛАССИЧЕСКОЙ ПРОЦЕДУРЕ И ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ</b> .....	523
Ившина А.А., Карпов В.В., Половов И.Б., Лисиенко Д.Г., Ребрин О.И. <b>ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ТЕТРАХЛОРИДА ЦИРКОНИЯ НА ЭЛЕКТРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОЛЕВОГО РАСПЛАВА СИСТЕМЫ KCl-AlCl<sub>3</sub></b> .....	524
Ишпаева А.Н., Соколова Л.И. <b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТИБИОТИКОВ ХЛОРФЕНИКОЛОВОЙ ГРУППЫ В СТОЧНЫХ ВОДАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ</b> .....	526
Малышев А.Н., Данилов Д.А., Киселева Д.В. <b>ВЫБОР РАСТВОРИТЕЛЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ В ОБЪЕКТАХ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ</b> .....	527
Трубченинова А.И., Абрамов А.В, Половов И.Б., Алимгулов Р.Р., Иванов К.О., Золотарев Д.А., Ребрин О.И. <b>ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ УГЛЕРОД-КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ВО ФТОРИДНЫХ РАСПЛАВАХ СОЛЕЙ</b> .....	529
Федосеева С.Е., Балыбина В.А., Драньков А.Н. <b>СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СЛОЙСТЫХ ДВОЙНЫХ ГИДРОКСИДОВ</b> .....	531

Раздел XVIII ЭКОЛОГИЯ .....	533
Биктимеров Д.Р. ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В ХАНТЫ-МАНСИЙСКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ – ЮГРЕ .....	533
Борщевская А.П., Бойченко Т.В. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БУХТЫ КИЕВКА .....	534
Бочаров Н.И., Журавлева Н.В. ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА МИКРОРАЙОНА СНЕГОВАЯ ПАДЬ Г. ВЛАДИВОСТОКА .....	536
Варюшина К.И., Галышева Ю.А. СООБЩЕСТВООБРАЗУЮЩАЯ РОЛЬ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ РОДА SACCHARINA В МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМАХ БОРЕАЛЬНОГО ПОЯСА .....	537
Василенко Н.Д. ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ (Mn, Cu, Fe, Cd, Zn, Pb, Ni, Co) В МЯГКИХ ТКАНЯХ РАПАНА (RAPANA VENOSA) ИЗ ПРОЛИВА СТАРКА (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО).....	539
Вахула Д. И., Бойченко Т. В. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БУХТЫ НОВИК МЕТОДОМ МИКРОБНОЙ ИНДИКАЦИИ .....	541
Воропаев Т.С., Пикалова Н.А. РЕДКИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ ЭНТОМОФАУНЫ Х. БЕТТА.....	543
Каменева М.О., Длизюрова В.Д. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОПИХТОВО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ ПО ОСНОВНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ДРЕВОСТОЯ.....	545
Каракулова А.И., Миронова Е.К., Неверова В.В., Купина В.В., Фигурина Т.К., Цыганков В.Ю. ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ НОВОРОЖДЕННЫХ ДЕТЕЙ ЮГА И СЕВЕРА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ .....	547
Керемшева Е.В., Набокина А.А. СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕЙОБЕНТОСА КОСЫ НАЗИМОВА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ, ЗАЛИВ ПОСЬЕТА, БУХТА ЭКСПЕДИЦИИ) .....	549
Лобанова Т.Р. ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ДОННЫХ ОСАДКОВ АВАЧИНСКОГО ЗАЛИВА МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭМБРИОНОВ И ЛИЧИНОК ПЛОСКОГО МОРСКОГО ЕЖА SCARNECHINUS MIRABILIS .....	551
Самойлова В.А., Фадеева Н.П. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЙОБЕНТОСА АВАЧИНСКОГО ЗАЛИВА .....	553
Соболевская М.П., Черенков Д.Н. ЗАВИСИМОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ДИИЗОБУТИЛ ФТАЛАТА ОТ МЕТЕОФАКТОРОВ .....	554
Ткаченко О.А., Дроздовская О.А. САНИТАРНО – МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ИГРОВЫХ ПЛОЩАДОК ДЕТСКИХ ДОШКОЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ Г.ВЛАДИВОСТОКА .....	556
Шестёра А.А. ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ГРУНТОВ РЕК П-ВА МУРАВЬЁВ-АМУРСКИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SCENEDESMUS QUADRICAUDA .....	559
Юнусова А.Д., Дроздовская О.А. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ ПЛЯЖЕЙ УССУРИЙСКОГО ЗАЛИВА .....	561
Яковенко Д.В., Дроздовская О.А. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР Г. ВЛАДИВОСТОКА .....	563
Раздел XIX МОЙ ПЕРВЫЙ ШАГ В НАУКУ .....	566
Бебко А.А., Чуприна А.С., Холопова А.И., Мармаза П.А., Балыбина В.А., Драньков А.Н. СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МАГНИТНЫХ НЕФТЕСОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ СИЛИКАТА КАЛЬЦИЯ.....	566
Дорожинский Л.А., Воробьёв Д.А., Савченко В.С. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГИБРИДНЫХ ГАЛОГЕНИДНЫХ ПЕРОВСКИТОВ НА ОСНОВЕ ГАЛОГЕНИДОВ СВИНЦА И $\alpha,\varepsilon$ -ГЕКСАМЕТИЛЕНДИАМИНА, ПОЛУЧЕННЫЕ В РАЗНЫХ РАСТВОРИТЕЛЯХ .....	568
Ефимова А. В. ПРИЁМЫ БЫСТРОГО СЧЁТА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ВЫЧИСЛЕНИЙ СРЕДИ ДЕТЕЙ В МАОУ «ГИМНАЗИЯ №1» НГО.....	569
Старова З.Д., Лазуренко Е.К., Колесников М.И. СИНТЕЗ ПЕРОВСКИТОВ В СРЕДЕ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ ГАЛОГЕНВОДОРОДНЫХ КИСЛОТ .....	571
Иванов А.С., Фентисова Д.М., Каменев А.О., Малинченко А.А. ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ОПТИЧЕСКОГО СЕНСОРА НА ОСНОВЕ ОДНОМЕРНЫХ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ .....	573
Логвинчук Ю.П., Син И.Д., Каменев А.О., Малинченко А.А. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ ОДНОМЕРНЫХ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ ДЛЯ АНАЛИЗА СМЕСЕЙ ВОДА- МЕТАНОЛ И ЭТАНОЛ-МЕТАНОЛ .....	575

Морозова С.С. Труханенко А.В. <b>ТОКСИЧНОСТЬ АКРИЛАМИДА, ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ В РЕАКЦИИ МАЙЯРА</b> .....	577
Попова К. А. <b>ВЛИЯНИЕ РН-СРЕДЫ НА ВСХОЖЕСТЬ, РОСТ И РАЗВИТИЕ КРЕСС-САЛАТА</b> .....	578
Рыбакова В.С., Соколов С.А., Демчук А.В. <b>ИЗУЧЕНИЕ СИНТЕЗА ПЕРОВСКИТОВ В ПОЛЯРНЫХ АПРОТОННЫХ РАСТВОРИТЕЛЯХ</b> .....	580
Цевелёва А.Ю. <b>СИНТЕЗ ПОЛИФЕРРОСИЛОКСАНА МЕХАНОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ</b> .....	581
Чая Е.Е. <b>АНАЛИЗ КОЛИЧЕСТВА И ВИДОВОГО СОСТАВА ПЫЛЕВЫХ КЛЕЩЕЙ В ПРОБАХ ПЫЛИ И ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ В ПРОБАХ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИЯХ Г. ВЛАДИВОСТОКА</b> .....	582
Петров М.Д., Шрамко Д.И., Чуйко Е.Ю. <b>СИЛОКСАНЫ КАК ОСНОВА ЭФФЕКТИВНЫМ СОРБЕНТАМ</b> .....	585

## Раздел I БИОРАЗНООБРАЗИЕ

Коваль О.Е.<sup>1</sup>, Пьянова А.С.<sup>2</sup>

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ *DROSERA NATALENSIS DIELS.*

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских ресурсов ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Группа «Биотехнологии растений» Ботанического сада-института ДВО РАН

<sup>1</sup> Научный руководитель – м.н.с. А.С. Пьянова

*Drosera* L. (роснянка) - самый крупный род среди плотоядных растений, включает в себя 252 вида [1]. Центр видового разнообразия находится в Австралии [2]. Большинство роснянок являются ценными декоративными растениями, которые пользуются спросом среди любителей и коллекционеров хищных растений. Это определяет значимость поиска эффективных методов выращивания *Drosera natalensis* (роснянка натальская) в условиях затрудненного импорта растительного материала. Таким методом является микроклональное размножение. Исследования по микроклональному размножению этого вида не обширны [3], а сам род *Drosera* изучен слабо. В связи с чем данная тема вызывает большой интерес.

Для исследования влияния минерального состава на микроклональное размножение роснянки натальской были взяты питательные среды по прописям Мурасиге-Скуга (MS) [5], Ллойда-Маккауна (WPM) [4] и Кворина-Лепуавра (QL) [6]. Данные среды были использованы в полном минеральном составе, с уменьшенным в 2 раза количеством макроэлементов и аналогичные составы с добавлением регуляторов роста (pp) 0,5 мг/л 6-бензиаминопурин (6-БАП) и 0,04 мг/л индолил-3-масляная кислота (ИМК).

Сравнение коэффициентов размножения представлено на рисунке 1.

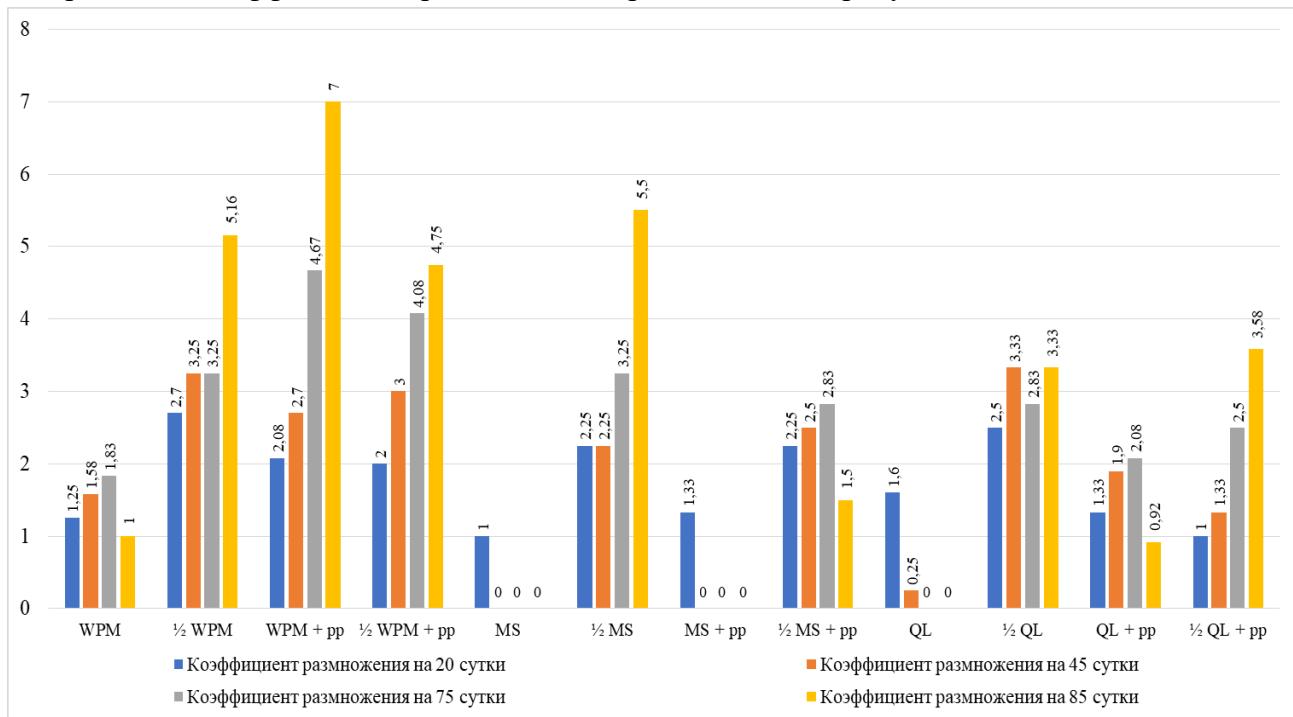


Рисунок 1 – Сравнение коэффициентов размножения *D. natalensis* на 20, 45, 75, 85 сутки культивирования.

В результате первого подсчета коэффициента размножения, проведенного на 20-ый день выращивания эксплантов на питательных составах, было выявлено, что все среды имеют небольшой коэффициент от 1 до 2,7. Самый высокий коэффициент размножения был отмечен на таких питательных средах как  $\frac{1}{2}$  WPM (2,7) и  $\frac{1}{2}$  QL (2,5). Наименьший коэффициент, равный 1, был отмечен на средах MS и  $\frac{1}{2}$  QL с добавлением регуляторов роста. На 45-ый день сохраняется такая же тенденция  $\frac{1}{2}$  WPM и  $\frac{1}{2}$  QL. Коэффициент размножения на этих средах равен 3,25 и 3,33 для  $\frac{1}{2}$  WPM и  $\frac{1}{2}$  QL соответственно. Самый низкий коэффициент был отмечен на QL, равный 0,25, а на MS и MS с добавлением регуляторов роста все экспланты погибали. Третий подсчет проводился на 75-ый день. К этому моменту тенденция меняется - самый высокий коэффициент размножения отмечается на среде WPM с добавлением регуляторов роста (4,67). Второй по величине коэффициент наблюдается на  $\frac{1}{2}$  WPM с добавлением регуляторов роста (4,08). На среде по прописи QL также произошла гибель всех эксплантов.

В результате анализа проведенного исследования было выявлено, что наилучшей средой для микроклонального размножения *D. natalensis* стала WPM с добавлением регуляторов роста и коэффициентом равном 7 (на момент последнего подсчета 85-ый день). Второй средой по оценке величины коэффициента является  $\frac{1}{2}$  MS (5,5) и близкая к ней  $\frac{1}{2}$  WPM (5,16). Худшими для размножения средами, кроме MS, MS с давлением регуляторов роста и QL, на которых произошла гибель всех материнских особей, стали QL с регуляторами роста (коэффициент равен 0,92), WPM (коэффициент равен 1). Так же сравнительно низкий коэффициент был получен на среде  $\frac{1}{2}$  MS с регуляторами роста, равный 1,5. Такое влияние питательных составов на рост *D. natalensis*, вероятно, связано с соотношением микро- и макроэлементов в средах.

**Исследование проведено на базе уникальной научной установки «Коллекция живых растений *in vitro* Ботанического сада-института ДВО РАН» (реестровый номер регистрации на сайте <http://ckp-rf.ru> – 347296).**

#### *Список литературы*

1. Drosera L. [Электронный ресурс] – URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names: 30001036-2>
2. Lloyd, F. E. The carnivorous plants / F. E. Lloyd. – Waltham : Chronica Botanica Company, 1942. – 352 c.
3. Crouch, I.J. In vitro propagation of *Drosera natalensis* / I.J. Crouch, J. van Staden // South African Journal of Botany – 1987. - P. 94-95
4. McCown, B.H. Woody Plant Medium (WPM). A Mineral Nutrient Formulation for Microculture of Woody Plant Species. / B.H. McCown, G. Lloyd // HortScience – 1981. – Vol. 16, P. 453.
5. Murashige, T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture / T. Murashige, F. Skoog // Physiol. Plant 1962. – Vol. 15, P. 473–497.
6. Quoirin, M. Etude de milieux adaptes aux cultures *in vitro* de *Prunus* / M. Quoirin, P. Lepoivre // Acta Hort. 1977. – Vol. 78, P. 437–442.

---

Силашко А.Р<sup>1</sup>., Курносов Д.С<sup>2</sup>

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ И НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
КИНЖАЛОЗУБА (ANOTOPTERUS NIKPARINI) И АЛЕПИЗАВРА БОЛЬШЕГОЛОВОГО  
(ALEPISaurus FEROX) В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО  
ОКЕАНА**

<sup>1</sup>Кафедра биоразнообразия ИМО ДВФУ

<sup>2</sup>Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»)

<sup>1</sup>Научный руководитель – рук. группы Д.С. Курносов

Кинжалозуб (*Anotopterus nikparini*) является широко распространённым, но малочисленным мезопелагическим видом. Активный хищник, обитающий в субтропических и умеренных водах Тихого и Атлантических океанов.

Особенностями строения кинжалозуба являются отсутствие спинного плавника и чешуи, а также длинное змеевидное тело и острые зубы [1]. Данный вид является активным хищником. Охотится на стайных пелагических рыб, таких как сайра, сельдь и тихоокеанские лососи — горбуша, нерка и сима. Охота проходит своеобразно: кинжалозуб занимает вертикальное положение, что придаёт рыбе большую маскировку, а затем быстрым броском вонзается в тело жертвы, чаще всего, без дальнейшего преследования.

Алепизавр большеголовый (*Alepisaurus ferox*) – мезопелагический вид, широко распространенный в умеренных и тропических водах всех океанов. Активный хищник, обитающий на глубинах до 1000 метров.

Особенностями строения алепизавра являются длинные клыки, растущие прямо из нёбной кости, и длинный спинной плавник. Тело змеевидное и без чешуи. Питаются алепизавры разнообразными животными: моллюсками, ракообразными, головоногими. Как и кинжалозубы, нападают на скопления лососёвых, используя тактику охоты.

В мае – июле тихоокеанские лососи совершают преданадромные миграции в прикурильские воды северо-западной части Тихого океана. В этот период они образуют скопления и становятся уязвимыми для хищников [2].

В настоящей работе мы проанализировали данные о встречаемости кинжалозуба и алепизавра в летний период в северо-западной части Тихого океана.

Материал для данного исследования был собран во время проведения летней экспедиции на НИС «ТИНРО» в северо-западной части Тихого океана (рисунок 1). В течение рейса все траления выполнялись в верхней эпипелагии (0-30 м) разноглубинным канатным тралом 80/396 м с мелкочечной (10 мм дель) вставкой в кутце. Траления продолжительностью 1 час выполнялись круглосуточно.

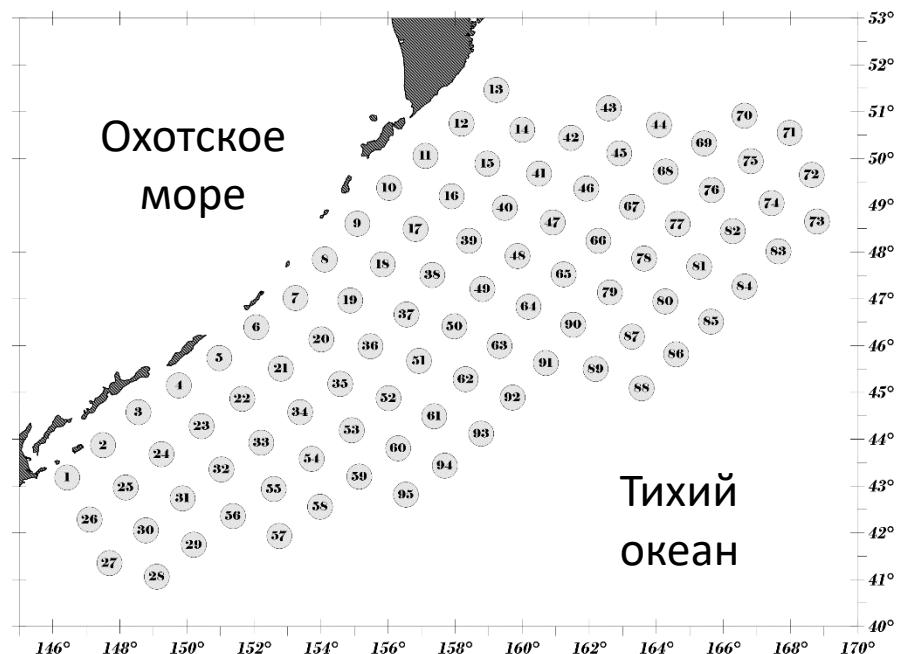


Рисунок 1 – Схема траловых станций НИС «ТИНРО» 02.06 – 07.07.2023 г.

В уловах отмечалось от одного до трех экземпляров кинжалозуба (рисунок 2). Всего выловлено 15 представителя этого вида при относительно широком температурном диапазоне поверхности воды: 4 – 12 °C. Кинжалозуб встречался как днем, так и ночью. Это были особи длиной от 61 до 105 см, со средней массой 0,94 кг. Желудки у всех кинжалозубов были пустые, они отрыгивают пищу во время попадания в трал [4]. Большая часть особей встречалась в прикурильских водах Тихого океана, где наблюдались наибольшие скопления лососевых. 2 кинжалозуба было отмечено при температуре 12 °C в уловах дальневосточной сардины (*Sardinops melanostictus*).

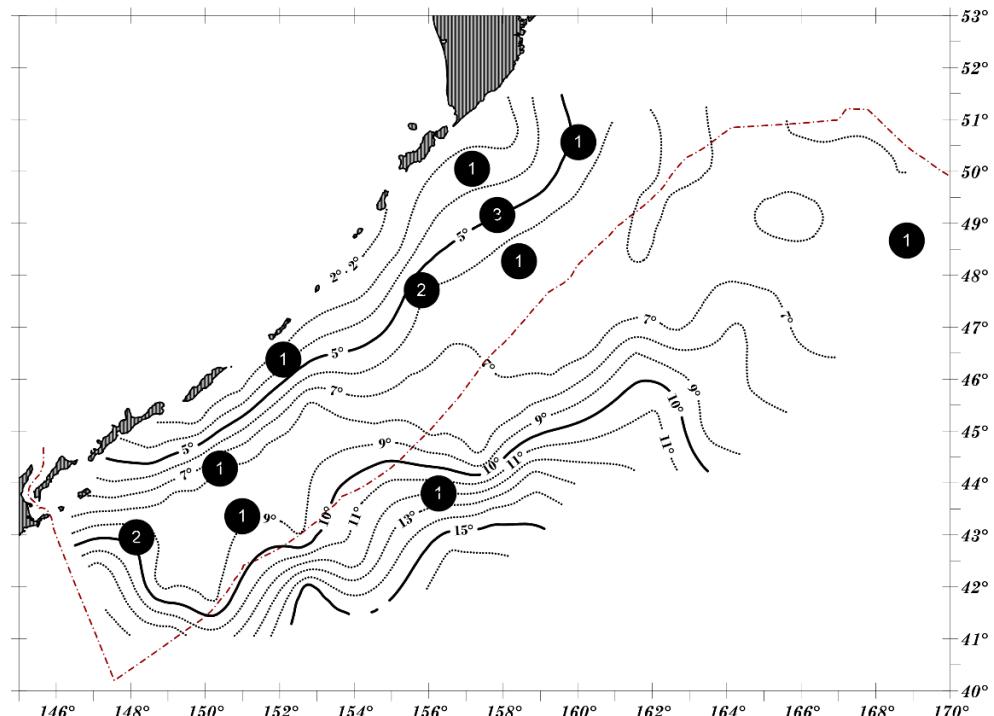


Рисунок 2 – Пространственное распределение уловов кинжалозуба в верхней эпипелагии северо-западной части Тихого океана в июне-июле 2023 г.

Цифры – величины уловов экз./час. Изолинии – температура поверхности воды

Также при выполнении данной съёмки, было поймано 3 особи алепизавра в трех тралениях (рисунок 3). Это были особи 108-127 см, при средней массе 3,38 кг. Алепизавр встречался при

температурах от 9 до 12°C в открытых водах Тихого океана на границах исследованного района. В местах поимок алепизавра основу улова составляла дальневосточная сардина.

Кинжалозуб является одним из массовых хищников, следы нападения которого наиболее часто фиксируют на лососях, но учитывая его небольшую, отмеченную в результате съемки численность, ущерб, наносимый им незначителен.

Алепизавр отмечался единично и вероятно в летний период его основная кормовая база состоит из дальневосточной сардины и основные места охоты находятся в более теплых водах за границей исследованного региона.

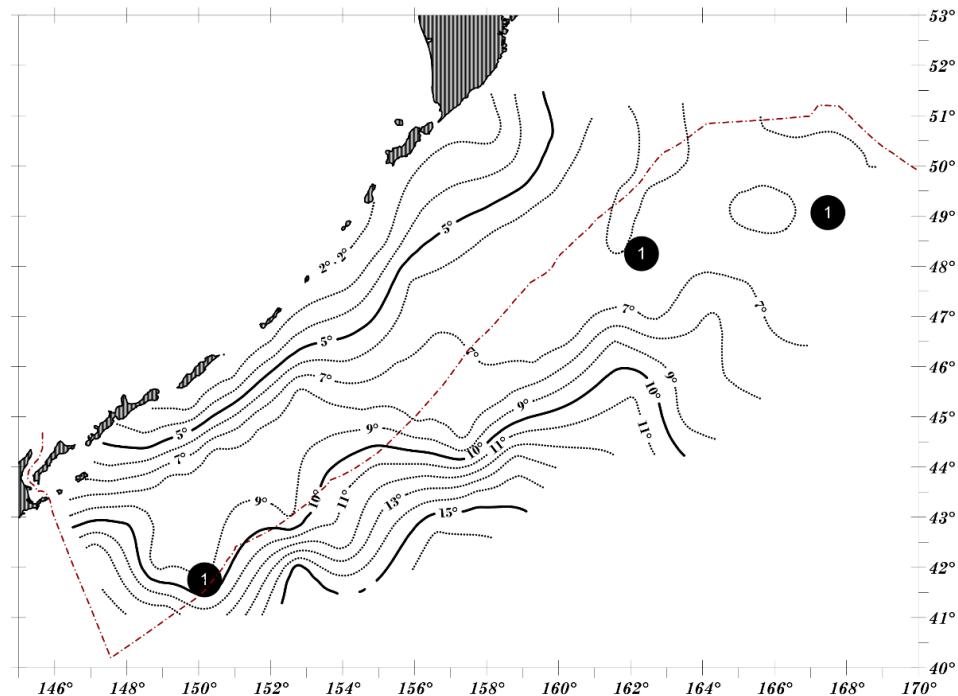


Рисунок 3 – Пространственное распределение уловов алепизавра в верхней эпипелагиали северо-западной части Тихого океана в июне-июле 2023 г.

Цифры – величины уловов экз./час. Изолинии – температура поверхности воды

#### Список литературы

1. Баланов, А.А. Новые данные о питании и пищевом поведении кинжалозуба *Anopterus pharao* / А.А. Баланов., В.И. Радченко // Вопр. ихтиологии. – 1998. – Т.38. - № 4. – С. 492-498.
2. Мельников, И.В. Пелагические хищные рыбы – потребители тихоокеанских лососей: распределение в экономической зоне России и прилегающих водах, численность и некоторые черты биологии / И.В. Мельников // Изв. Тихоокеан. НИ рыболов. центра. – 1997. – Т.122. – С. 213-228.
3. Парин, Н.В. Ихтиофауна океанской эпипелагиали / Н.В. Парин. - М.: Наука, 1968. – 186 с.
4. Radchenko, V.I. Predation of doggertooth, *Anopterus pharao*, on immatures of the Pacific salmon / V.I. Radchenko, A.Y. Semenchenko // The Journ. Of fish Biology. - 1996. – Vol. 49. – P.1323-1325.

Квитченко А. К.<sup>1, 2</sup>

## АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA L. В БАССЕЙНЕ ОЗЕРА ХАНКА

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Лаборатория флоры Ботанический сад-институт ДВО РАН

<sup>1</sup>Науч. рук. - к.б.н., доц. Каф. биоразнообразия и морских биоресурсов ДВФУ В.А. Калинкина

<sup>2</sup>Науч. рук. - к.б.н., зам. Дир. по научной работе Бот. сада-института ДВО РАН, Е.А. Марчук

*Ambrosia artemisiifolia* – однолетнее растение из семейства Asteraceae (Астровые), является карантинным сорняком и вызывает аллергическое заболевание поллиноз. Естественный ареал обитания вида - Северная Америка, в частности все провинции Канады и восточные и юго-восточные штаты США. На территории России впервые была обнаружена в 1918 году С. Г. Колмаковым в окрестностях г. Ставрополь. На территории Приморского края впервые была отмечена в 1963 году в окрестностях г. Спасск-Дальний. В 1964 г. её уже отмечали в г. Уссурийске, поселках Камень-Рыболов и Хороль, причём, по данным М.Г. Пименова с соавт. (1966: 79) вид «уже довольно широко распространился в Приморье» [1].

В 1966 г. Вид был включен в публикацию «Флора советского Дальнего Востока» с пометкой сорное, заносное [2].

Анализ гербарных коллекций (ФГБУН Ботанического сада-института ДВО РАН (VBGI), Ботанического института им. В.Л. Комарова (LE), Московского государственного университета (МНА) и др.) (Таблица 1) показал, что наибольшее количество сборов в отмечено 1960-70 годах, в этот период началось массовое распространение вида и интерес к его изучению.

Одной из первых публикаций касающихся этого *A. artemisiifolia* является работа В.А. Недолужко [2], в которой автор приводит места встречи с видом, отмечая его на территории Приханкайской низменности в посевах сельскохозяйственных культур.

Дальнейшее распространение вида можно проследить из работы В.Ю. Баркалова с соавторами [3]. Согласно их данным к 1992 году *A. artemisiifolia* распространилась уже и на территорию Ханкайского Биосферного заповедника, где была найдена на всех четырех участках (Чертово болото, Журавлиный, Речной кордон «Лузанова сопка», остров Сосновый).

Современное распространение амброзии полыннолистной представлено в работе Е.П. Кудрявцевой [4].

Таким образом литературный обзор и анализ гербарного материала показывает, что на территории бассейна озера Ханка *A. artemisiifolia* распространилась довольно быстро и продолжает расселяться. Мониторинг за состоянием популяций и инвентаризация флоры конкретных территорий позволит в будущем дополнить рекомендации по сокращению карантинного вида во флоре региона.

Таблица 1

Гербарные сборы *Ambrosia artemisiifolia* L. с 1964 по 2017 г.

Населенный пункт	Место сбора	Дата сбора	Коллектор	Акроним гербария
Хороль	на центральной улице, в канаве	05.09.1976	В.А. Недолужко	VBGI
Новоселище	парники	16.07.1978	В.А. Недолужко	VBGI
Новоселище		11.09.1978	В.А. Недолужко.	VBGI
Камень-Рыболов	на клумбе	05.09.1976	В.А. Недолужко	VBGI
Пограничный	невысокие сопки к ю-з от вокзала. Дубняк лещинный и поляны	31.07.1977	В.А. Недолужко, В.М. Урусов	VBGI
Благодатное	совхоз «Благодатное», поле	26.09.1979	А.А Подложнюк	VBGI
Дмитриевка		09.08.1973		VBGI

Новониколаевка	Ханкайский заповедник, коса Пржевальского	28.05.2003	А.Б. Холина	VBGI
Турий Рог	оз. Ханка 8 км южнее п. Турий Рог, дубовое криволесье на уступе коренного берега и по пляжу	13.08.2006	А.В. Галанин	VBGI
Камень-Рыболов	Приханкайская равнина, западнее берега оз. Ханка	17.08.1964	М. и Р. Пименовы	LE
Покровка	в поселке	15.09.1965	Ворошилов	MHA
Астраханка	берег озера	14.10.1967	Е.Н. Здоровьева, В.И. Баранов	ТИБОХ
Покровка	в массиве у дороги	02.08.1973	Т.И. Нечаева	VBGI
Дмитриевка		09.08.1973	Ю. Полийчук	VBGI
Хороль	на центральной улице в канаве	05.09.1976	В.А. Недолужко	VBGI
Камень-Рыболов	на клумбе	06.09.1976	В.А. Недолужко	VBGI
Пограничный	невысокие сопки к юго-западу от вокзала, дубняк лещинный и поляны	31.07.1997	Урусов, Недолужко	VBGI
Черниговка	на пустыре	07.09.2017	Кудрявцева Е.П.	VGEO
Васильковка	в 10 км к югу от с. Васильковка, водораздел между р. Сергеевка и р. Заблуждение, на обочине лесной дороги, обычно.	24.07.2006	Кудрявцева Е.П.	VGEO

#### Список литературы

1. Пименов, М. Г. Флористические новинки из Южного Приморья / М. Г. Пименов, А. П. Хохряков, Р. Е. Пименова // Бюл. Гл. бот. сада. 1966. Вып. 63. С. 78–79.
2. Недолужко, В. А. Распространение *Ambrosia artemisiifolia* (Asteraceae) в Приморском крае / В. А. Недолужко // Бот. журн. 1984. Т. 69. № 4. С. 527–529.
3. Баркалов, В. Ю. Первые впечатления о растительном покрове Ханкайского государственного заповедника / В. Ю. Баркалов, И. Б. Вышин, С. С. Харкевич // Комаровские чтения. Владивосток: Дальнаука, 1993. Вып. 41. С. 114–140.
4. Кудрявцева, Е.П. Амброзия полыннолистная: современное распространение, структура сообществ и присутствие в голоценовых отложениях Приморского края (юг Дальнего Востока России)/ Е. П. Кудрявцева, В. Б. Базарова, М. С. Лящевская, Л. М. Мохова // Комаровские чтения. Владивосток: ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, 2018. Вып. 66. С.125–146.

---

Танака Юми<sup>1</sup>

#### БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ОХРАННЫЙ СТАТУС *OSMUNDA CLAYTONIANA* L.

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

<sup>1</sup> Науч. рук. - к.б.н., доцент кафедры биоразнообразия и морских биоресурсов ДВФУ В.А. Калинкин; старший научный сотрудник Ботанического сада-института ДВО РАН О.В. Храпко

Папоротники широко распространены по всему земному шару и встречаются в самых разных местообитаниях. Наиболее разнообразны они во влажных тропических лесах, где их можно встретить не только на почве под деревьями, но на стволах и ветвях [1].

Среди папоротников есть как широко распространённые, так и узко локальные. К редким видам относится дальневосточный представитель рода *Osmunda* – *O. claytoniana* L. (чистоуст Клейтона) [2, 3, 4]. Сохранение редких видов - сложная задача, эффективное решение которой требует

всестороннего анализа географического распространения, эколого-биологических характеристик, состояния популяций и влияния антропогенных факторов.

Для решения этой комплексной задачи на первом этапе была постелена цель – охарактеризовать ареал, биологические и экологические особенности *O. claytoniana*.

*O. claytoniana* – это многолетнее растение с характерными только для нее спороносными листьями, находящимися в средней части вай и образующие спороносные участки. Произрастает в основном в биоме умеренного пояса. Общий ареал вида охватывает п-ов Корею, Японию, центральную часть Китая и восточную часть США.

Географическое распространение вида охватывает страны Восточной Азии и Северную Америку. Северная граница ареала находится в России в Хабаровском крае. На Дальнем Востоке находится на границе ареала и встречается немногочисленными популяциями в ограниченном числе мест произрастания. Вид теневынослив, приурочен преимущественно к хвойно-широколиственным дальневосточным лесам. Экологический оптимум лежит в области довольно влажных и сырых почв среднего богатства.

В настоящее время вид выращивается в коллекциях нескольких ботанических садов. Наиболее оптимальные условия для него – территория ФГБУН Ботанического сада-института ДВО РАН, где он высажен под пологом деревьев в составе других травянистых растений. Однако попыт интродукции показывает, что вид чувствует себя относительно normally и южнее, так его можно увидеть в коллекции Ботанического сада ВятГУ (г. Киров), где он высажен в экспозиции вересковых растений [5].

#### Список литературы

1. Тахтаджян, А. Л. Ископаемые цветковые растения СССР. Том 1. Magnoliaceae-Eucommiaceae / А. Л. Тахтаджян – Л.: Наука, 1974. — 380 с.
2. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 855с.
3. Красная книга Приморского края: Растения. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов – Владивосток: АВК «Апельсин», 2008. – 688 с.
4. Красная книга Хабаровского края: редкие и исчезающие виды растений и животных / отв. ред. Б. А. Воронов. – Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2000. – 452 с.
5. Бронникова, И. В. Итоги инвентаризации редких видов растений в коллекционном фонде Ботанического сада ВЯТГУ / И. В. Бронникова, И. В. Канина // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XVII Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Киров: Вятский гос. ун-т, 2019. – С. 225–230.

---

Чульчекова Д.А.<sup>1,2</sup>

#### ФУНКЦИОНАЛЬНО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТРЕЗУБОЙ КРЕВЕТКИ (*PANDALUS TRIDENS RATHBUN, 1902*) СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»)

Трезубая креветка (анг. – yellowleg pandalid) – один из представителей каридных креветок семейства Pandalidae [1], по своим морфологическим признакам (общий внешний вид) схожий с северной креветкой. Несмотря на то, что *Pandalus tridens* в настоящее время не является промышленно востребованным видом, трезубая креветка образует довольно плотные скопления на шельфе Берингова

моря, а вместе с тем достаточно часто попадается в орудия лова в качестве прилова при промысле северной или углохвостой креветок. Безусловно, важны и интересны исследования, связанные с анализом общего биологического состояния трезубой креветки, поскольку информации о данном виде ракообразных довольно мало, но её вылов в той или иной степени в северо-западной части Берингова моря периодически осуществляется.

Таким образом, цель данной работы – изучить функционально-биологическое состояние трезубой креветки северо-западной части Берингова моря.

Материалом для данного исследования послужили результаты донной траловой съёмки, проведённой на научно-исследовательском судне «Профессор Кагановский» («ВНИРО») в северо-западных водах Берингова моря в августе-сентябре 2021 года. Всего в ходе экспедиционных работ *P. tridens* была обнаружена на 12 траловых станциях.

В половой структуре *Pandalus tridens* наблюдается зачастую характерное (в том случае, если популяция пребывает в стабильном состоянии) для протерандрических гермафродитов (коими являются представители сем. Pandalidae; проявляется в смене пола в течение жизненного цикла: изначально самцы, затем через некоторое время креветки превращаются в самок) преобладание самцов (52%) над самками (38%). Помимо всего прочего, также выделяется особая группа переходных особей (интерсексов), составляющая 10% от общего числа (рис. 1).

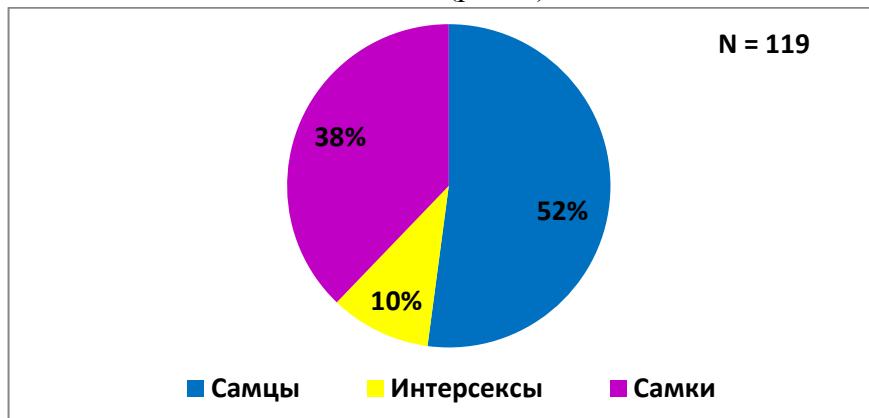


Рисунок 1 – Половая структура исследованных особей *P. tridens*

В целом размеры тела трезубой креветки северо-западной части Берингова моря изменялись в диапазоне от 29 до 88 мм, при средней – 59,8 мм (рис. 2). Самые мелкие из изученных особей, а вместе с тем и самые молодые – самцы (мин. – 29 мм, макс. – 68 мм, сред. – 49,9 мм). Самки же оказались самыми крупными, их длина тела изменялась в пределах от 61 до 88 мм, а в среднем составляла 71,8 мм. И промежуточное положение по размерам тела заняли интерсексы – 60-77 мм, при среднем показателе в 66 мм.

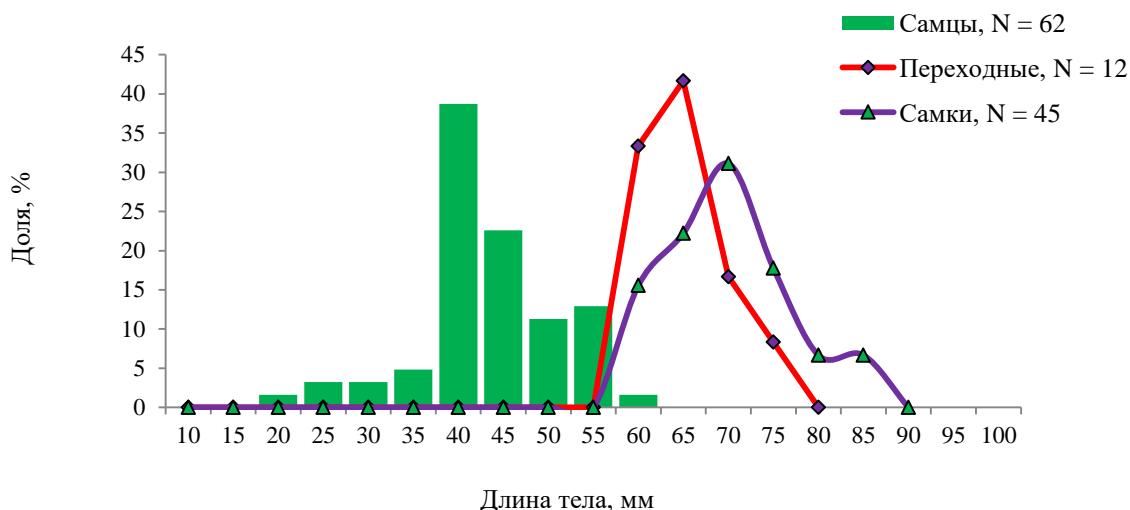


Рисунок 2 – Размерные характеристики *P. tridens*

Линочное состояние ракообразных оценивается по трёхбалльной шкале, где 1 – панцирь мягкий, «пергаментный», особь находится в процессе линьки; 2 – панцирь неокрепший, особь недавно перелиняла; 3 – панцирь твёрдый, не продавливается при легком нажатии. Линочное состояние трезубой креветки в момент исследования представлено на рисунке 3. Откуда мы чётко видим, что почти все изученные креветки (98%) имели твёрдый панцирь. Особей недавно перелинявших и находящихся в процессе линьки было по 1% соответственно.



Рисунок 3 – Линочное состояние *P. tridens*

Подводя итог всему вышеизложенному, следует отметить, что половая структура трезубой креветки в районе исследования может считаться индикатором стабильного состояния местной популяции данного вида. Также хочется упомянуть, что размерные характеристики *P. tridens* соответствуют таковым для местной углохвостой креветки (*Pandalus goniurus*) [2]. Общее же линочное состояние трехзубой креветки, определённое на момент исследования, свидетельствует об отсутствии массовых нерестовых процессов в популяции в начале осени.

#### Список литературы

1. Слизкин, А.Г. Атлас-определитель крабов и креветок Дальневосточных морей России / А.Г. Слизкин. – Владивосток, 2006. – 259 с.
2. Кротова, Д.А. Пространственное распределение и биологические характеристики северной и углохвостой креветок северо-западной части Берингова моря / Д.А. Кротова // Материалы региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам. – Владивосток. – 2022. – С. 23-25.

Лаптева С.В.<sup>1,2</sup>

## МОРФО-АДАПТАЦИОННЫЕ ТИПЫ ПРЯМОКРЫЛЫХ (ORTHOPTERA) ПОЛУОСТРОВА МУРАВЬЕВА-АМУРСКОГО И БЛИЗЛЕЖАЩИХ ОСТРОВОВ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН

<sup>2</sup> Научный руководитель – д.б.н., профессор С.Ю. Стороженко

На территории полуострова Муравьева-Амурского и близлежащих островов залива Петра Великого нами выявлено 53 вида прямокрылых насекомых из 9 семейств и 37 родов.

Система морфо-адаптационных типов была разработана для саранчовых Средней Азии [1]. Для Дальнего Востока России были предложены системы жизненных форм для кузнечиковых [3] и сверчковых [2].

В основу легла система, предложенная Ф.Н. Правдиным (1978), с дополнениями по Стороженко (1982) и Горохову (1983). Для характеристики использовали внешний габитус прямокрылых, особенности поведения и распределение видов по определенным биотопам.

Всего на полуострове и близлежащих островах было выявлено 9 морфо-адаптационных типов прямокрылых насекомых (Рисунок 1).

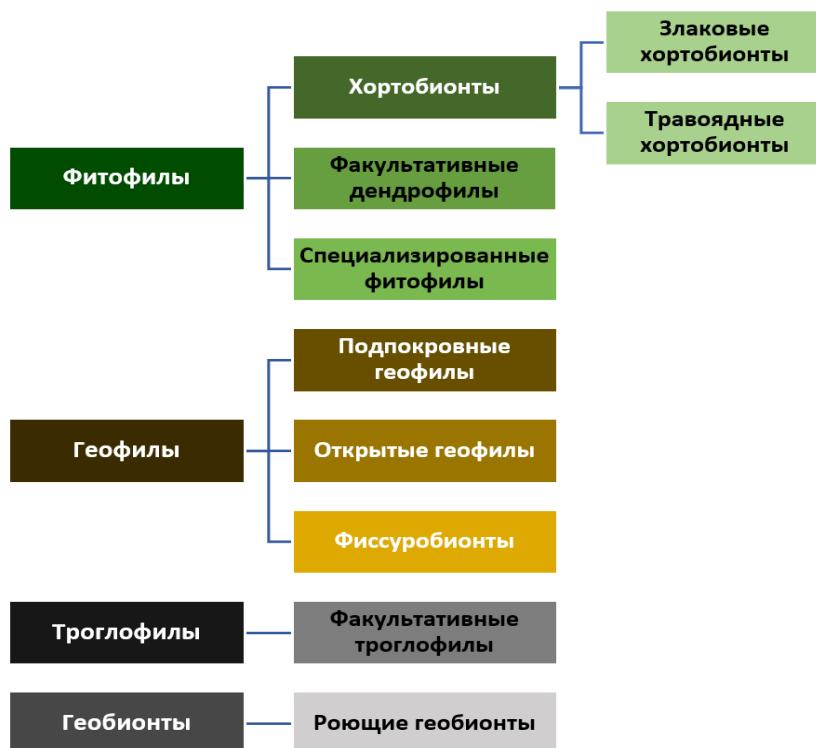


Рисунок 1 – Схема морфо-адаптационных типов прямокрылых насекомых полуострова Муравьева-Амурского и близлежащих островов залива Петра Великого

К фитофилам относится 32 вида прямокрылых. Среди них выделяются хортобионты, факультативные дендрофилы и специализированные фитофилы.

Хортобионты представлены 18 видами короткоусых прямокрылых. Из них 11 относится к **злаковым хортобионтам**. Они характеризуются стройным и сжатым с боков телом. Обитают в злаковых растительных ассоциациях. К **травоядным хортобионтам** относится 7 видов. Для них характерно коренастое, гладкое или морщинистое, средних размеров тело; мощные задние бедра; развитые в разной степени крылья. Обитают на широколиственных растениях.

**Факультативные дендрофилы** представлены 7 видами прямокрылых. Из них 5 видов относятся к подотряду длинноусых, а 2 – короткоусых прямокрылых. Надкрылья и крылья развиты или

укорочены; окрашены в зеленый, коричневый и желтый цвета. Обитают на кустарниках и деревьях, но яйца откладывают в почву.

К **специализированным фитофилам** относится 7 видов длинноусых прямокрылых. Характеризуются вытянутым телом зеленоватого или желтоватого цвета; обитают в самом верхнем ярусе травостоя [1]. Некоторые виды откладывают яйца в стебли и листья растений (*Phaneroptera falcata*, *Oecanthus longicauda*).

К геофилам относится 15 видов прямокрылых, которые подразделяются на подпокровных, открытых геофилов и фиссуробионтов.

**Подпокровные геофилы** представлены 3 видами кузнечиковых (*Atlanticus brunneri*, *Paratlanticus ussuriensis*, *Chizuella bonneti*). Надкрылья короткие; ноги длинные; окраска темно-коричневая. Двигаются под пологом трав, по поверхности почвы, устланной перепутанными отмершими стеблями [1].

К **открытым геофилам** относится 6 видов саранчовых. Это обитатели открытых участков на поверхности плотных глинистых или каменистых почв. Нередко встречаются в местах с нарушенным травостоем. Надкрылья развиты, окрашены под цвет субстрата.

**Фиссуробионты** представлены 6 видами сверчков. Характеризуются плотными покровами тела; надкрылья и крылья развиты в разной степени [1]; окрашены в разные оттенки коричневого. Факультативные обитатели как поверхности почвы, так и почвенного яруса, куда они проникают по различным скважинам [2].

**Факультативные троглофилы.** Сюда относится 4 вида пещерных кузнечиков. Тело подковообразное, надкрылья и крылья отсутствуют. Окраска тела темно-коричневая, серая.

Встречаются не только в пещерах, но и под пологом леса, под камнями, в дуплах деревьев и других подходящих микростациях [3].

К **роющим геобионтам** относится 2 вида прямокрылых. Это *Gryllotalpa orientalis* из подотряда длинноусых и *Xua japonica*, относящаяся к подотряду короткоусых. Для них характерны гипогнатическая голова, копательные передние конечности и отсутствие яйцеклада [1]. Окрашены в черные и коричнево-желтые цвета.

Таким образом, всего на полуострове Муравьева-Амурского и близлежащих островах залива Петра Великого было выявлено 9 морфо-адаптационных типов прямокрылых насекомых. Из них 5 типов характерны для короткоусых и 6 – для длинноусых прямокрылых, а 2 морфо-адаптационных типа являются общими для обоих подотрядов.

#### *Список литературы*

1. Правдин, Ф.Н. Экологическая география насекомых Средней Азии / Ф.Н. Правдин. – М.: Изд-во Наука, 1978. – 271 с.
2. Горохов, А.В. Жизненные формы сверчковых (Orthoptera, Grylloidea) Дальнего Востока СССР / А.В. Горохов // Биологические науки. – 1983. – №1. – С. 49-56.
3. Стороженко, С.Ю. Жизненные формы кузнечиковых и ложнокузнечиковых (Orthoptera: Tettigonioidae, Gryllacridoidea) Дальнего Востока СССР / С.Ю. Стороженко // Биологические науки. – 1982. – №9. – С. 40-52.

Ростовцева М.О.<sup>1</sup>

## РАЗВИТИЕ ЛИЧИНОК *RHODYMENICHTHYS DOLICHOGASTER* В ВОДАХ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов Института Мирового океана

*Rhodymenichthys dolichogaster* – монотипичный вид рода *Rhodymenichthys* семейства Pholididae. Отличительными признаками взрослых рыб являются: наличие межглазничной поры, однотонная окраска с мелкими точками и черная полоса, проходящую от заднего края глаза к грудному плавнику [1]. Однако работ по описанию личинок крайне мало и не определены признаки, характеризующие личиночные стадии.

Цель работы – описать личиночные стадии *Rh. dolichogaster* из вод залива Петра Великого. Материалом работы являлись личинки ( $TL$  12.0–36.1 мм,  $n = 21$  экз.), собранные на световых станциях с помощью сачка. Для описания личиночного развития были выделены следующие стадии [2]: *preflexion* – стадия перед загибом хорды; *flexion* – стадия загиба хорды; *postflexion* – стадия после завершения загиба хорды. Для описания пигмента и степени развития скелета личинок одновременно окрашивали ализариновым красным и просветляли в 1.5-% КОН [3].

Стадия *preflexion* проходила при длине  $TL$  12.0 – 18.0 мм ( $n = 14$  экз.). На протяжении всей стадии нотохорд был прямой. У личинок окрашиваются челюсти, жаберные дуги, клейтрум, лучи в грудных и хвостовом плавниках, а также тела позвонков, кроме пяти предхвостовых. К концу стадии в хвостовом плавнике ализарином окрашены 7 основных лучей. На голове меланофоры были обнаружены в слуховой капсуле, вдоль клейтрума, на *isthmus*. Один овальный меланофор располагался над сердечной сумкой. За головой от 1 до 2 крупных (иногда мелких) меланофоров. Наружный брюшной латеральный ряд проходит чуть ниже срединной линии тела. Меланофоры имеют лучевое строение или форму точек. На дорзальной стороне кишечной трубы проходит ряд парных округлых меланофоров, находящихся почти на одинаковом расстоянии друг от друга. На конце кишечной трубы есть скопление пигмента. В хвостовом отделе меланофоры присутствуют в основании лучей анального плавника и на хвостовом плавнике.

Стадия *flexion* проходила при длине  $TL$  19.0 – 25.0 мм ( $n = 6$  экз.). Загиб нотохорда слабо выражен. Ализарином окрашиваются кости черепа, лучи в анальном и грудных плавниках, колючки в спинном плавнике, все позвонки (в том числе уростиль), гипаксиальная и две эпаксиальные гипуральные кости. У более развитых личинок начали окрашиваться эпуралии. В течение *flexion* окрашиваются 12 основных, 5 верхних краевых и 2 нижних краевых лучей.

*На стадии postflexion была поймана одна личинка длиной TL 36.1. При этой длине нотохорд загнут. Окрашены все кости. На голове появляется серебристая полоса, проходящая от края рыла через середину глаза к грудному плавнику.*

### Список литературы

1. Yatsu, A. A revision of the gunnel family Pholididae / A. Yatsu // Bull. Natn. Sci. Mus. 1981. P. 165–190.
2. Kendall, A.W. 1984. Early life history stages of fishes and their characters/ A.W. Kendall, Jr., E.H. Ahlstrom, H.G. Moser // Ontogeny and systematics of fishes / Eds. Moser H.G. et al. Amer. Soc. Ichthyol. Herpetol. Spec. Publ. № 1. P. 499–510.
3. Якубовский, М. Методы выявления и окраски системы каналов боковой линии и костных образований у рыб / М. Якубовский // Зоологический журнал. 1970. Т. XLIX. №. 9. С. 1398–1402.

---

Гретченко М.В.<sup>1,2</sup>

## СЕЛЕКЦИЯ ХРИЗАНТЕМ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Лаборатория интродукции и селекции Ботанический сад-институт ДВО РАН

<sup>1</sup> Научный руководитель - к.б.н., доцент В.А. Калинкина

<sup>2</sup> Научный руководитель - к.б.н., доцент Р.В. Дудкин

Садовая хризантема (*Chrysanthemum hortorum* W. Mill ex L.H. Bailey) за последние 10-15 лет стала одной из наиболее известных цветочно-декоративных культур, она довольно часто используется в городском и приусадебном озеленении [1]. В настоящее время продолжается изучение гибридного фонда, выделяются перспективные формы, оформляются кандидаты для получения новых сортов хризантем. Именно поэтому изучение способов селекции хризантем является актуальной проблемой.

Цель работы – анализ степени изученности морфологических особенностей азиатских видов рода *Chrysanthemum* и использование их в селекционном процессе.

Ареал восточноазиатских видов *Chrysanthemum* охватывает субтропические и умеренные области. Он простирается в широтном направлении, объединяет провинции Китая, Кореи, острова Японии, юг Дальнего Востока России наличием общих таксонов. Флора Китая включает 17, Кореи - 12, Японии - 19, Монголии - 4, России - 9 видов *Chrysanthemum* [2].

Дальний Восток расположен близко к огромному Китайско-Японскому центру происхождения культурных растений и их диких родичей. Род *Chrysanthemum* представлен краевыми, малочисленными популяциями на самом юге и не встречается в других регионах России [3]. На территории Дальнего Востока России встречается 8 видов род *Chrysanthemum*, 6 из которых отличаются высокой жизнеспособностью и устойчивостью при культивировании южных районах. Серьезным препятствием при интродукции хризантемы в условиях муссонного климата Приморского края, характеризующегося одним из напряженных инфекционных фонов в Российской Федерации, являются заболевания, вызываемые патогенной микробиотой, низкие зимние температуры, неустойчивость снежного покрова [2].

Ведущими методами получения новых высокодекоративных сортов хризантем являются традиционные: искусственный отбор, межсортовая гибридизация. Для получения определенного признака окраски или формы цветков и соцветий, при котором не будут затрагиваться другие ценные свойства материнского сорта, используют радиоселективный метод. Черенки подвергаются облучению разной дозой радиации, после высаживаются в грунт. В результате исследований получают химерные растения, которые отличаются от других тем, что на одних побегах цветки имеют ту же окраску, что и у исходного сорта, на других - измененную. Встречались также случаи расщепления признаков на новые варианты окрасок и форм соцветий у растений при выращивании в первом, втором и третьем вегетативных поколениях с сохранением признаков исходного варианта. Примером может быть радиосорт «Светлана» со светло-желтой окраской соцветий и трубчатыми цветками, полученный от радиосорта «Стелла» (материнский сорт «Снегом Покрытый Камень Террасы»), у которого во втором вегетативном поколении появились растения (или отдельные побеги) с золотисто-желтой и кирпично-красной окраской и язычковыми цветками. Они сохраняли эти признаки при дальнейшем размножении. У растений, полученных от облучения гибридных форм, расщепление на новые признаки занимало больше времени, чем у растений от старых сортов. Однако этот способ интересен тем, что можно получить необычные окраски цветков и возможно устойчивые сорта.

### Список литературы

1. Бондаренко-Борисова, И. В. Изучение биотических факторов ухудшения фитосанитарного состояния мелкоцветковых хризантем в коллекции Донецкого ботанического сада НАН Украины / И. В. Бондаренко-Борисова, Е. В. Ветрова, А. И. Губин // Промышленная ботаника. – 2013. – Т. 13. – С. 187-193.
2. Недолужко, А. И. Генетические ресурсы диких родичей хризантемы садовой / А.И. Недолужко // Аграрная наука. – 2010. – № 4. – С. 23-24.
3. Mulford F.L. Breeding for Earliness and Hardiness in Chrysanthemums // Proceedings of the American for Horticultural Science for 1935. – N.Y.: Geneva, 1936. – Vol. 33. – P. 690–692.

---

Павельева Е.В.<sup>1</sup>

### БИОЛОГИЯ И ОСОБЕННОСТИ МИКОБИОТЫ *CALLISTEPHUS CHINENSIS*

<sup>1</sup>Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель - к.б.н., доцент кафедры биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ В.А. Калинкина

*Callistephus chinensis* (L.) Nees. - восточноазиатский вид семейства астровых (Asteraceae), в естественной среде встречается на лугах, обочинах дорог, полях и придорожных посевах, в Приморском крае встречается редко. Вид известен также как астра китайская или астра однолетняя. Сорта, полученные на основе *C. chinensis* отличаются многообразием форм лепестков и расцветки, высоте и компактности куста.

Не смотря на многочисленные агротехнические приемы высшим растениям всегда сопутствуют микромицеты - грибы и грибоподобные организмы, которые имеют мелкие органы спороношения, разглядеть которые можно только под микроскопом. Связано это с тем, что основная их среда обитания – почва. Микромицеты могут быть как симбионтами высших растений, так и фитопатогенами.

Широкое использование сортов *C. chinensis* приводит к достаточно частому поражению растений различными грибными заболеваниями. Их изучение позволяет разрабатывать эффективные методы контроля, включая создание устойчивых сортов, применение биологических агентов и санитарных мер, при ведении больших коллекций (например, коллекция ФГБУН Ботанического сад-института ДВО РАН) поддерживать здоровье и урожайность растений.

Часто грибными заболеваниями поражаются семена. Микобиота семян может вызывать гниль, щуплость, невсхожесть, гибель проростков и всходов. Виды грибов, поражающие семена, часто специфичны, они вызывают пятнистости листьев, увядание, усыхание побегов или гнили растений в период вегетации.

Целью работы являлась характеристика биологических особенностей *Callistephus chinensis* и анализ видового разнообразия сопутствующих ему грибов-микромицетов.

На основе анализа литературы [1-4] было выявлено 13 микромицетов. Преимущественно микромицеты отмечены на вегетативных органах - листьях и побеге, реже - на корнях и цветках. Грибы были диагностированы на растениях в разные годы в июле и августе. Практически все обнаруженные грибы относятся к отделу Ascomycota, подотделу Pezizomycotina, за исключением *Pytiun debaryanum*, который относится к Oomycota, и *Coleosporium pini-asteris*, относящимся к Basidiomycota. Для них описано всего 3 патогена: *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum* и *Pytiun debaryanum*.

Отмечено, что в литературе нет данных об иммунитете семян по отношению к микромицетам, о влиянии химической и биологической обработки от грибных заболеваний как на растения, так и на микробиоту. Это свидетельствует о перспективности работы в дальнейшем.

*Список литературы*

1. Азбукина, З. М. Низшие растения, грибы и мохообразные Дальнего Востока России. Грибы. Т. 5. Ржавчинные грибы: монография / З. М. Азбукина, О. К. Говорова, И. В. Карагыгин. – Владивосток: Дальнаука. – 2005. – 616 с.
2. Марченко, А. Б. Симптомы основных болезней *Callistephus chinensis* L. Nees. в условиях урбоэкосистем лесостепи Украины // Hortus botanicus. – 2017. – Т. 12. – С. 337-344.
3. Павлюк, Н. А. Результаты селекции устойчивых к фузариозу сортов астры однолетней в Ботаническом саде-институте ДВО РАН // Состояние и перспективы селекции и семеноводства основных сельскохозяйственных культур: Сб. научн. тр. / минобрнауки РФ. ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им А.К. Чайки». – Уссурийск: 2019. – С. 139–146.
4. Павлюк, Н. А. Фитопатологический анализ сортов астры китайской *Callistephus chinensis* (L.) Nees // Генетические ресурсы растениеводства Дальнего Востока. 2004. Владивосток: ВИР. С. 489-493.

---

Брак Г.М<sup>1,2</sup>

**ERRINOPORA STYLIFERA – ВИД ГИДРОКОРАЛЛОВ, ВСТРЕЧЕННЫЙ ТОЛЬКО В РОССИЙСКИХ ВОДАХ**

<sup>1</sup>Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

<sup>2</sup>Национальный научный центр морской биологии ДВО РАН им. Академика Жирмунского  
Научные руководители – О.И. Дащенко<sup>1</sup>; Т.Н. Даутова<sup>2</sup>

Семейство *Styleridae* Gray, 1847 – одна из самых многочисленных групп среди твердых кораллов, представителями которой являются морские колониальные книдарии (*Cnidaria: Hydrozoa*), распространенные повсеместно на глубинах от 0 до 2789 м [4]. На данном этапе ими активно занимаются исключительно зарубежные специалисты, однако в их работах не описывались новые обнаружения вида *E. stylifera*, несмотря на то, что достаточно близкая к Курильской гряде акватория – воды Алеутских островов – также исследовались.

В рамках нашей работы был рассмотрен материал, собранный в экспедиции LV-86 на Курильские острова в 2019 году. В результате исследований обнаружены 2 колонии вида *Errinopora stylifera*, который был описан в последний раз в 1960 году в монографии Д.В. Наумова. Указанные колонии собраны с тихоокеанской стороны Курильских островов, возле о. Уруп. Ранее считалось, что ареал этого вида ограничен Охотским морем, за пределами которого он был собран всего два раза (в Татарском проливе у берегов Сахалина и в Тихом океане вблизи о. Итуруп) [3]. Курильское течение имеет генеральное направление с северо-востока на юго-запад вдоль юго-восточных побережий островов Курильской гряды и о. Хоккайдо, а около 40° с. ш. встречается с водами Куросио [2]. Таким образом, прикурильские воды включены в западный субарктический круговорот наряду с целой системой смежных пограничных течений, включая Аляскинское, проходящее в алеутских водах [1]. Для распространения гидрокораллов, имеющих планктонную личинку, это может быть лимитирующим фактором. Почему исследуемый вид ранее не был обнаружен в акваториях Алеутских островов на данный момент достоверно неизвестно, но можно предположить, что это является результатом недостаточного исследования северотихоокеанской фауны гидрокораллов. Все вышеуказанное говорит о необходимости продолжения активных исследований данной группы в целом, и в частности – дальневосточных морей России.

Для исследования микроструктуры скелета был использован сканирующий электронный микроскоп EVO 40. Части колоний были напылены хромом. Съемка производилась при увеличениях от 18 до 331  $\times$ .

Полученный материал позволил расширить описание данного вида, предоставленное Наумовым, и уточнить описание, представленное Кэрнсом, поскольку при помощи микрофотографий были уточнены некоторые скелетные структуры (Рисунок 1Г-Ж). Отмечена особая вариация ветвления, при которой ветви колонии расположены в разных плоскостях, но каждая из них имеет тенденцию к ветвлению в одной плоскости (Рисунок 1А-В).

Исследование материала экспедиции LV-86 позволило расширить ареал данного вида.

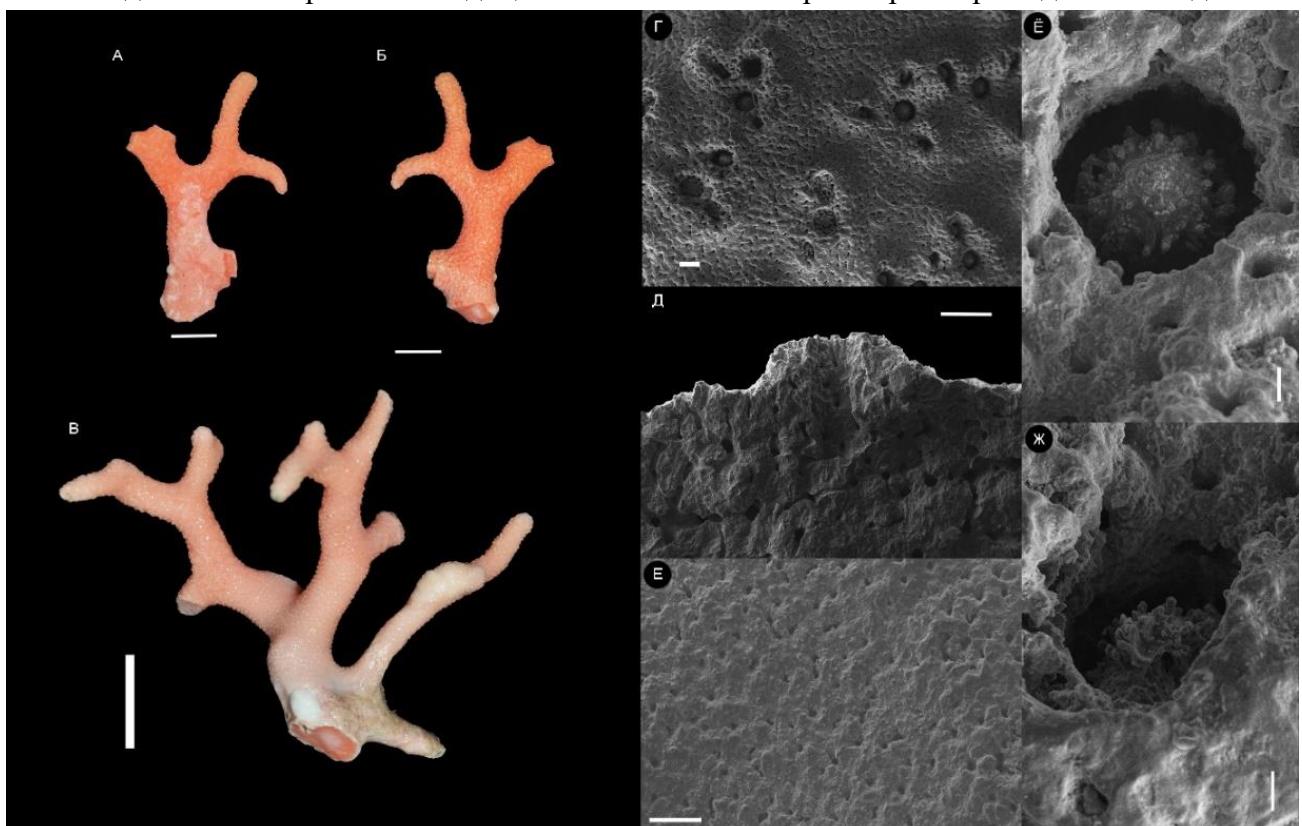


Рисунок 1 – Морфология полученных колоний вида *E. stylifera*

А, Б – общий вид колонии, вид с двух сторон. Масштаб 1 см

В – общий вид колонии. Масштаб 2 см

Г – псевдоциклические системы на поверхности скелета. Масштаб 200  $\mu$ m

Д – Срез через дактилопор. Масштаб 200  $\mu$ m

Е – ретикулярно-гранулярная структура скелета. Масштаб 200  $\mu$ m

Ё – гастростиль. Масштаб 40  $\mu$ m

Ж – дактилостиль. Масштаб 40  $\mu$ m

#### Список литературы:

1. Атлас океанов / Под.ред. В.И. Фалеева и Л.А. Демина. — Главное управление навигации и океанографии Министерства обороны СССР. — 1974. — 362 с.
2. Деев, М.Г. Курильское течение [Электронный ресурс] // Большая российская энциклопедия. – 2010. – Режим доступа: <https://bigenc.ru>
3. Наумов, Д.В. Гидроиды и гидромедузы морских, солоноватоводных и пресноводных бассейнов СССР / Д.В. Наумов // М.; Ленинград: Издательство АН СССР, 1960. – 585 с., ил.
4. Cairns, S.D. Global Diversity of the Styelasteridae (Cnidaria: Hydrozoa: Athecatae) / Stephen D. Cairns // — 2011. — July 22. — P.1-12

Калимуллин А.А.<sup>1</sup>, Туманов Д.В.<sup>2,3</sup>

## НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ФАУНЕ НАЗЕМНЫХ ТИХОХОДОК (TARDIGRADA) ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских ресурсов ИМО ДВФУ

<sup>2,3</sup> Научный руководитель - к.б.н., старший преподаватель кафедры зоологии беспозвоночных СПбГУ, с.н.с. лаборатории морских исследований Зоологического института РАН, Д.В. Туманов

Тихоходки (Tardigrada) – немногочисленная группа многоклеточных животных, с микроскопическим размером тела (не более 1.2 мм). Тардиграды обитают в различных местах, включая глубоководные зоны, морские и пресноводные пляжи, где они находятся между песчинками, а также среди водорослей, в микроводоемах находящихся в кутинах наземных растений и в лиственном опаде [1].

Несмотря на сравнительно обширные исследования фауны тардиград крупных территорий, таких как Россия, данные о разнообразии и распространении тихоходок в отдельных регионах, в том числе на Дальнем Востоке, остаются весьма ограниченными. Материковая часть Дальнего Востока остается практически не исследованной с точки зрения фауны тихоходок, за исключением района оз. Байкал [2,3]. Все имеющиеся данные получены при изучении довольно ограниченного материала с морских островов и касаются главным образом наземных тихоходок [4-8].

Целью нашего исследования являлось получение новых данных по фауне наземных тардиград на материковой и островной части Дальнего Востока России.

Исследуемый материал состоял из образцов мхов и лишайников, собранных на территории Дальнего Востока 2022-2023 году. Всего было собрано 23 пробы из Приморского края, Камчатского полуострова и острова Сахалин (рисунок 1).

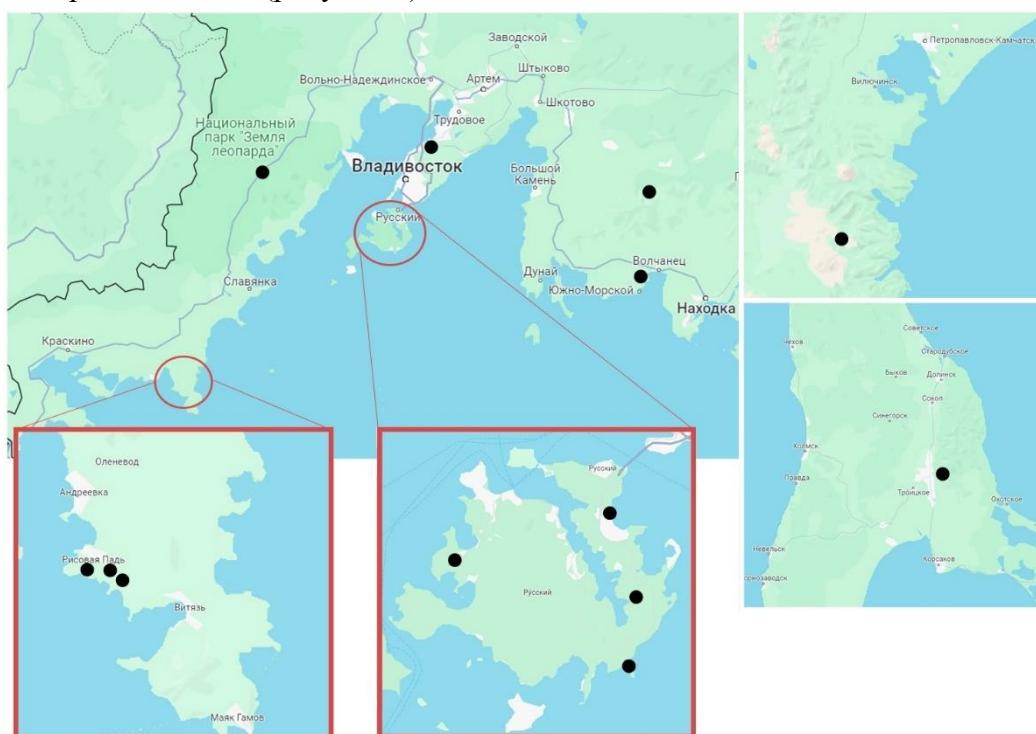


Рисунок 1 – Информация о местах сбора материала на Дальнем Востоке

Пробы мхов и лишайников собирались вручную, помещались в бумажные пакеты и транспортировались в лабораторию. Тихоходок выделяли проб, промывая их через два сита [9]. Часть найденных особей были помещены в термостат при 60 °C на 20 минут для расслабления. После этого

особи монтировались на предметные стекла с помощью среды Хойера и помещались в термостат на две недели при температуре 60°C, а затем окантовывались лаком для ногтей [10]. Готовые препараты анализировались посредством светового микроскопа Leica DM2500 в режиме фазового контраста и дифференциального интерференционного контраста.

Выделение ДНК (для части видов) проводилось методом мягкой экстракции в QuickExtract™ DNA Extraction Solution (Lucigen Corporation, USA) [11]. Выделенная тотальная ДНК использовалась для постановки полимеразной цепной реакции (ПЦР), с последующим секвенированием последовательности нуклеотидов по Сэнгеру. Были определены последовательности фрагмента митохондриального гена COI, который является наиболее широко применяемым в систематике тихоходок баркодом, позволяющим проводить видовую идентификацию.

В результате было выявлено 330 особей тихоходок и 12 отложенных яиц. Обнаруженные тихоходки относятся к 12 родам и были нами идентифицированы на основании морфологических признаков (таблица 1).

Таблица 1

Список найденных видов на разных частях Дальнего Востока

	Приморский край	Камчатский п-ов.	о. Сахалин
Род	<i>Mesobiotus</i>	<i>Adropion</i>	<i>Macrobiotus</i>
	<i>Macrobiotus</i>	<i>Hypsibius</i>	<i>Milnesium</i>
	<i>Paramacrobio</i> <i>tus</i>		<i>Paramacrobio</i> <i>tus</i> .
	<i>Minibiotus</i>		
	<i>Milnesium</i>		
	<i>Echiniscus</i>		
	<i>Pseudechiniscus</i>		
	<i>Diphascon</i>		
	<i>Ramazzottius</i>		
	<i>Isohypsibius</i>		

Невозможность получения молекулярных данных и яиц у некоторых представителей не дают возможности определить большое количество особей до вида. Несмотря на это, у некоторых особей удалось получить последовательность фрагмента гена COI, а также получить яйца тихоходок, что дало нам возможность, в ряде случаев, определить экземпляры до вида:

- *Adropion kamchaticum* sp. nov. - Обнаруженный вид является новым для науки, морфологически близким к виду *Adropion scoticum* (Murray, 1905), однако отличим от него рядом признаков.
- *Mesobiotus vulpinus* sp. nov. - Обнаруженный вид является новым для науки, морфологически близким к виду *Mesobiotus taucii* (Pilato, 1974), описанному из Китая и известному также с Андаманских островов и из Японии, однако отличим от него рядом признаков строения хориона отложенных яиц.
- *Paramacrobio**tus lorenae* - Этот вид, описанный с о. Попова [4], до настоящего времени встречен только на Дальнем Востоке России
- *Echiniscus hoonsooi*. - Описан из Южной Кореи, позже найден в Японии. Это первое указание для фауны России
- *Pseudechiniscus* sp. gr. *suillus* - Сравнение с последовательностями из базы данных GenBank показало сходство в 98,02–98,30% с неописанным видом группы *suillus*, известным из Монголии и США. Вид новый для фауны России
- *Ramazzottius* cf. *bunikowskae* – описанный с Байкала [3]. По морфологическим данным находку можно отнести к этому виду.

Результаты наших исследований показывают, что среди всех видов, определенных с достаточной точностью (морфологическими или молекулярно-генетическими методами) не было обнаружено ни одного вида, известного из европейской части России. Это свидетельствует о значительной обособленности фауны тихоходок Дальнего Востока.

#### *Список литературы*

1. Nelson, D.R. Phylum Tardigrada / D.R.Nelson, D. R.Guidetti, R. and L. Rebecchi // Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates. Vol. 1, Ecology and General Biology: Academic Press. Cambridge, -2015. -P. 347-380.
2. Biserov, V.I. A new genus and three new species of tardigrades (Tardigrada: Eutardigrada) from the USSR / V.I Biserov // Bolletino di zoologia. -1992. Vol. 59., №1. -P. 95-103.
3. Kaczmarek, L. Ramazzottius bunikowskae, a new species of Tardigrada (Eutardigrada, Hypsibiidae) from Russia / L. Kaczmarek, L. Michalczyk, D. Diduszko // Zootaxa. -2006. Vol. 1229. -P. 49-57.
4. Biserov V.I. *Macrobiotus lorenae* sp.n., a new species of Tardigrada (Eutardigrada Macrobiotidae) from the Russian Far East / V.I Biserov // Arthropoda Selecta. -1996. Vol. 5., №1/2. -P. 145-149.
5. Biserov, V.I. The Tardigrada of the Komandorskiye Islands, with a description of *Dactylobiotus dervizi* sp. n. (Eutardigrada, Macrobiotidae) / V.I Biserov // Entomol. Mitt. Zool. Mus. Hamburg. -1998. Vol. 12., №158. -P. 327-336.
6. Dudichev, A.L. Tardigrades (Tardigrada) from Iturup and Paramushir, the Kuril Island / A.L. Dudichev, V.I Biserov // Zoologicheskii Zhurnal. -2000. Vol. 79. -P. 771-778.
7. Abe, W. A new species of the genus *Hypsibius* (Tardigrada: Parachela: Hypsibiidae) from Sakhalin Island, Far East Russia / W. Abe // Zoological science. -2004. Vol. 21. -P. 957-962.
8. Маськин, Е.В. Новые данные по тихоходкам рода *Milnesium* (Tardigrada, Eutardigrada, Milnesiidae) Дальнего Востока России, полученные с использованием метода молекулярного баркодинга / Е.В. Маськин, П.В. Гребенкин, Л.В. Железнова, Д.В. Туманов // Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова. -2021. Вып. XXXII. -С. 114-122.
9. Tumanov, D.V. *Hypsibius vaskelae*, a new species of Tardigrada (Eutardigrada, Hypsibiidae) from Russia / D.V. Tumanov // Zootaxa. -2018. Vol. 4399., №3. -P 434-442.
10. Morek, W. An experimental test of eutardigrade preparation methods for light microscopy / W. Morek, D. Stec, P. Gąsiorek et al. // Zoological Journal of the Linnean Society. -2016. Vol. 178. -P. 785-793.
11. Tumanov D.V. Integrative redescription of *Hypsibius pallidoides* Pilato et al., 2011 (Eutardigrada: Hypsibioidea) with the erection of a new genus and discussion on the phylogeny of Hypsibiidae / D.V. Tumanov // European Journal of Taxonomy. -2020. Vol. 681. -P. 1-37.

---

Катасонова М. С.<sup>1</sup>, Дроздов А. Л.<sup>2</sup>

#### **МИКРОСТРУКТУРА КАЛЬЦИЙОРГАНИЧЕСКИХ СКЕЛЕТОВ ЖИВОТНЫХ**

<sup>1</sup>Институт мирового океана ДВФУ, Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО

<sup>2</sup>Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН

<sup>2</sup>Научный руководитель – д.б.н., профессор, генс ННЦМБ А.Л. Дроздов

Кальцийорганический скелет появляется в докембрии и сохраняется у современных фораминифер, известковых губок, кораллов и более высокоорганизованных групп – брахиопод, моллюсков и иглокожих. Он имеет спикульное, сплошное или кристаллическое строение (Сереженикова, 2014). Кальцийорганический скелет иглокожих – стереом – представляет собой

твёрдый губчатый материал из кальцита с примесью карбоната магния. Он характерен для всех классов современных иглокожих и является уникальным для животных (Кокорин и др., 2014).

Целью нашей работы является исследование композитных кальций-органических скелетов животных, чтобы выявить появление структуры являющейся или отдаленно напоминающей стереом у некоторых групп беспозвоночных. Материалом послужили литературные данные, летние сборы 2023 года, а также экземпляры из коллекции ННЦМБ ДВО РАН.

#### *Фораминифера*

Раковины исследованных фораминифер представлены сплошным композитным кальций-органическим скелетом с отверстиями, через которые цитоплазма сообщается с внешней средой. Стенки секреционных раковин фораминифер бесструктурные: они образованы обычно карбонатом кальция с примесями, отложенным на псевдохитиновую матрицу.

#### *Известковые губки*

У известковых губок спикулы образованы сплошным кристаллом карбоната кальция и обычно не связаны друг с другом. Виды с фаретронным (связанным) скелетом редки (Санамян и др., 2023).

#### *Коралловые полипы*

Твёрдый скелет на основе карбоната кальция формируется у животных класса Anthozoa типа Cnidaria. Класс разделяется на два подкласса: восьмилучевые кораллы (Octocorallia) и шестилучевые кораллы (Hexacorallia).

У восьмилучевых кораллов (подкласс Octocorallia) скелет образован отдельными известковыми спикулами – склеритами внутри мезоглеи. Монолитные склериты горгонии *Metallogorgia macrospina* относительно грубые, с множеством мелких бородавок на поверхности, иногда крестообразные. Колониальные рифообразующие мадрепоровые шестилучевые кораллы (тип Cnidaria, класс Anthozoa, подкласс Hexacorallia, отряд Scleractinia) состоят из отдельных зоидов, которые сидят на грубом, твёрдом известковом скелете, выделяемом эктодермальными клетками полипа.

#### *Моллюски*

У моллюсков выявлено большое разнообразие текстуры и микроструктурных типов, слагающих скелеты раковин.

#### *Брахиоподы*

Раковины брахиопод образованы мелко- и крупнопризматическими слоями кальцита. Призмы расположены под острыми углами к внешней поверхности створок. Они могут состоять из поперечных микрокристаллических дисков, сгруппированных в пластинки (Weedon, Taylor, 1995). Ассиметричные раковины брахиоподы коптотириса *Coptothyris adamsi* ребристые, легкие, но прочные. Их стенка образована двумя слоями. Наружный слой пигментирован. Внутренний слой образован призматическими слоями. Слой пронизан отверстиями, диаметром около 20 мкм.

#### *Иглокожие*

Скелет морских ежей, как и других иглокожих, – внутренний, мезодермический. Функционально он является наружным. Основное его отличие – это плотная структура, шарообразная форма. Также наличие стереома, который присутствует у всех других видов иглокожих, но отсутствует у более примитивных групп беспозвоночных.

Скелет офиур состоит из наружных и внутренних частей. В состав наружного скелета верхней стороны диска. У настоящих офиур «руки». Они состоят из модульных сегментов, иногда более 100 на руку (LeClair, 1996), состоящих из скелетных элементов (косточек), которые соединяются соединительной тканью и мышцами. Соединительная ткань между последовательными косточками состоит из специального материала, который может изменять свою жесткость и прочность на растяжение под контролем нервов. Сегменты рук обычно состоят из пяти внутренних косточек: позвонка и дорсальной, вентральной и двух латеральных пластинок.

Скелеты морских лилий демонстрируют наличие ярко выраженных позвонков в теле ножки лилии. Стоит отметить, что в зависимости от вида или места среза морфология позвонка может меняться (Яковлев, 1964). При рассмотрении на большом увеличении видна пористая структура, сходная структурой склеритов морских звезд и офиур, но имеющая более выраженный рисунок

Проанализировано строение скелетов нескольких групп беспозвоночных, в число которых вошли – фораминиферы, известковые губки, кораллы, плеченогие, офиуры, морские звезды, морские лилии. Было изучено микроскопическое строение скелетных образцов, получены данные о нахождении стереома у морских лилий, морских звезд, офиур и морских ежей. Скелеты всех изученных образцов иглокожих представлены стереомом – уникальной губчатой пористой трехмерной кальцитовой структурой на органическом матриксе, со средним диаметром пор 10-25 мкм. Аналогов стереома у всех других образцов выявить не удалось. Он появился в докембрии у самых древних иглокожих подтипа Homalozoa и происхождение этого синапоморфного признака типа Echinodermata остается загадкой.

#### *Список литературы:*

1. LeClair, E. E. Arm joint articulations in the ophiuran brittlestars (Echinodermata: Ophiuroidae): a morphometric analysis of ontogenetic, serial, and interspecific variation / E. E. LeClair // J. Zool. London. 1996. V. 240. №. 2. P. 245–275.
2. Weedon, M. J. Calcitic nacreous ultrastructures in bryozoans: implications for comparative biomineralization of lophophorates and molluscs / M. J. Weedon, P. D. Taylor // Biol. Bull. 1995. V. 188, №. 3. P. 281–292.
3. Санамян, К.Э., Санамян Н.П., Кухлевский А.Д., Шилов В.А. Новые виды известковых губок семейства Leuconiidae (Porifera: Calcarea: Baeriida) с Курильских островов, северо-западная часть Тихого океана / К.Э. Санамян // Invertebrate Zoology. 2023. V. 20. № 2. С. 153–179.
4. Сережникова, Е.А. Скелетные образования проблематичных низших многоклеточных вендского (эдиакарского) периода / Е.А. Сережникова // Становление скелета у различных групп организмов и биоминерализация в истории Земли. Серия «Гео-биологические системы в прошлом». М.: ПИН РАН. 2014, С. 14–43.
5. Яковлев, Н.Н. Класс Crinoidea. Морские лилии. Справочник для палеонтологов и геологов СССР. Иглокожие, гемихордовые, погонофоры и щетинкочелюстные / Н.Н. Яковлев. - М.: Изд. Недра. 1964. С. 54–80.

---

Чиченко В.А.<sup>1</sup>, Галышева Ю.А.<sup>1</sup>

**МАКРОБЕНТОС МЯГКИХ ГРУНТОВ БУХТЫ АСТАФЬЕВА  
(ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ МОРСКОЙ ЗАПОВЕДНИК)**

<sup>1</sup>Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель - к.б.н., доцент, зав. кафедрой Ю.А. Галышева

В последние годы морской заповедник переживает непростые времена. В 2018–2019 гг. в период смены министерской принадлежности и управляющего юридического лица научные исследования в морском заповеднике существенно снизились. Данные инвентаризации состава макробентоса последних лет отсутствуют. Последние научные публикации по отдельным группам донных организмов вышли в 2018 году [2].

Возросший рекреационный пресс создал необходимость в проведении инвентаризации морской биоты в бухте Астафьева, на берегу которой (прилегая вплотную к ее охранной зоне) располагаются кемпинги, а на пляже разрешено располагаться отдыхающим.

По данным экспедиции Международной кафедры ЮНЕСКО «Морская экология» Института Мирового океана ДВФУ июля и октября 2022 г. в результате анализа количественных проб в составе макробентоса мягких грунтов б. Астафьева было обнаружено 20 видов. По числу видов доминировали многощетинковые черви (Polychaeta). Видовое разнообразие беспозвоночных на мягких грунтах варьировало в пределах от 3 до 12 видов на станцию (таблица 1).

Таблица 1

Количественные показатели макробентоса на мягких грунтах  
(станции – точки отбора проб дночерпателем)

б. Астафьева	Число видов	Биомасса ( $\text{г}/\text{м}^2$ )	Плотность поселения ( $\text{экз.}/\text{м}^2$ )
ст. 1	12	35,78	790,67
ст. 2	8	2,86	167
ст. 3 (1)	4	3,51	66,67
ст. 3 (2)	9	8,43	102,33
ст. 4 (1)	7	10,36	413,33
ст. 4 (2)	7	11,45	320,67
ст. 5 (1)	3	0,48	66,67
ст. 5 (2)	8	3,12	72
ст. 6 (1)	2	17,2	54,33
ст. 6 (2)	2	18,10	44,67
ст. 7	9	14,66	361
Среднее	<b>6,9±3,07</b>	<b>11,56±9,61</b>	<b>241,47±234,47</b>

В целом средние показатели биомассы и плотности поселения макробентоса составляют  $11,56 \text{ г}/\text{м}^2$  и  $241,47 \text{ экз.}/\text{м}^2$  соответственно (таблица 1). Максимальный показатель биомассы имеют полихеты ( $7,6 \text{ г}/\text{м}^2$ ) и морские ежи представители рода *Scaphechinus* ( $5,3 \text{ г}/\text{м}^2$ ) (рисунок 1).

Максимальный вклад в показатель плотности поселения (более  $200 \text{ экз.}/\text{м}^2$ ) вносят многощетинковые черви. В акватории доминируют *Scalibregma inflatum*, *Sphiophanes* sp., *Scoletoma* sp., *Scoloplos armiger* – виды индикаторы чистых вод [1].

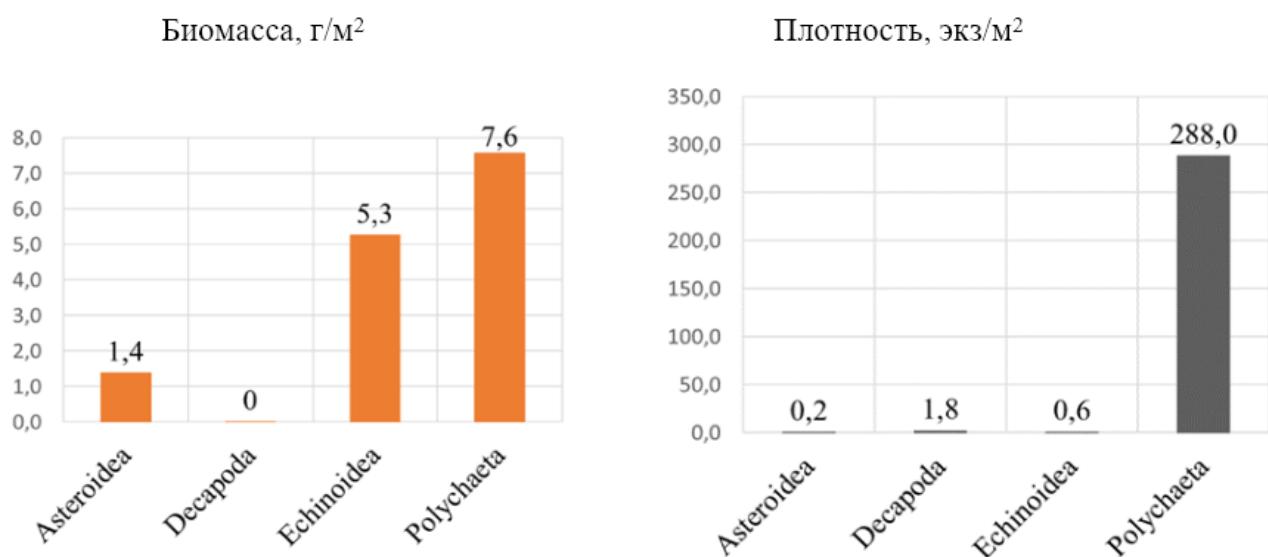


Рисунок 1 – Средние значения биомассы и средние значения плотности поселения таксономических групп макробентоса мягких грунтов бухты Астафьева

Обнаружена низкая выравненность видов по показателям обилия, что отражается на низкой оценке параметров биоразнообразия. Значение индекса Шеннона составило  $H=1,258$ .

Для полной оценки состава и обилия макробентоса заповедных акваторий Приморского края требуется продолжение исследований.

### Список литературы

1. Белан, Т.А. Особенности обилия и видового состава бентоса в условиях загрязнения: Залив Петра Великого, Японское море: автореф. дисс. к.б.н. // Дальневосточный региональный научно-исслед. гидрометеорологич. ин-т. – Владивосток, 2001. – 27 с.
2. Лысенко, В.Н. Современное состояние поселений дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* (Selenka, 1867) в Дальневосточном морском заповеднике / В.Н. Лысенко, В.В. Жариков, А.М. Лебедев // Биол. Моря. – 2018. – Т. 44. – № 2. – С. 134–140.

---

Тещина З.В.<sup>1</sup>, Пьянова А.С.<sup>2</sup>, Каменева Л.А.<sup>3</sup>, Бердасова К.С.<sup>2</sup>

### ВВЕДЕНИЕ ASTRAGALUS ULIGINOSUS L. (FABACEAE) В КУЛЬТУРУ IN VITRO

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских ресурсов ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Группа «Биотехнологии растений» Ботанического сада-института ДВО РАН

<sup>3</sup> Группа «Семенной фонд» Ботанического сада-института ДВО РАН

Научные руководители – м.н.с. группы «Биотехнологии растений» БСИ ДВО РАН А.С. Пьянова; к.б.н., руководитель группы «Семенной фонд» БСИ ДВО РАН Л.А. Каменева

Бобовые растения рода *Astragalus* используются человеком уже более 1000 лет для различных целей [1]. *Astragalus uliginosus* L. (астрагал болотный) не является исключением. Этот вид представляет собой многолетнее травянистое растение с прямостоячими побегами, сложными перистыми листьями и плодом боб. Распространен в североазиатском районе: Казахстане, Монголии, Сибири, северном Китае и на Корейском полуострове [2]. Сейчас вид *A. uliginosus* представляет интерес для фармацевтической отрасли [3] за счет перспективы использования содержащихся в надземной части растения биологически активных веществ: флавоноидов и кумаринов [2]. Также давно известно применение экстрактов данного вида для лечения кардиоваскулярных заболеваний [1]. Несмотря на широкое распространение *A. uliginosus* не образует больших зарослей, что затрудняет его использование в качестве сырья для фармацевтической промышленности. Поэтому целью данной работы является изучение возможности введения *A. uliginosus* в культуру *in vitro*.

Материалом для работы послужили семена *A. uliginosus* (156 шт.), собранные в естественных условиях произрастания, на песчаных берегах озера Ханка (Ханкайский район, Приморский край) осенью 2023 года (получены по Index seminum - VLA). Семена мелкие, в ширину 1–1.8 мм, по форме почковидные, реже почковидно-продолговатые, окраска варьирует от желто-зеленого до коричневатого. После изучения морфологии [4] и качества семян при помощи стереомикроскопа Stemi DV4 (Carl Zeiss, Германия). Выяснилось, что 66 из них были сильно повреждены и неспособны к прорастанию (42,3%).

Эксперимент по проращиванию проводили в трёх повторностях (по 30 семян в каждой). Опираясь на ранее полученные результаты [7,8], перед стерилизацией семена скарифицировали 20 минут концентрированной H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Затем, после промывки дистиллированной водой, стерилизовали 1 % раствором AgNO<sub>3</sub> в течение 15 минут с последующей промывкой 1 % раствором NaCl. Далее семена промывали 3 раза стерильной дистиллированной водой и высаживали на безгормональную среду по прописи Мурасиге и Скуга [6]. Культивирование проводили при освещении 3000 люкс и световом режиме 16/8 часов свет/темнота с постоянным поддержанием температуры 24 ± 2 °C.

Уже через сутки семена набухли, а первые проростки появились через 4 дня: в I повторности 8 проростков (26,6%), во II – 6 (20%), в III – 5 (16,6%). Семя считалось проросшим, если длина корешка

превышала ширину семени в 2 раза [5]. Первые семядольные листья начали появляться на 6 день, а первые настоящие листья на 11 день. На 20 день заметно ветвление побега и продолжение прорастания оставшихся семян. В ходе эксперимента, на 4–11 сутки было обнаружено зарастание грибами – 10% от общего количества семян (таблица).

Таблица 1

Всхожесть семян *Astragalus uliginosus* L.

	Прорастание семян на 20 день, %	Потери семян на 20 день, %	Имеют настоящие листья на 20 день, %
Повторность I	50	30	33,3
Повторность II	46,6	0	43,3
Повторность III	36,6	0	30
Средняя	44,4	10	35,5

На 20 сутки, проросло 44,4% семян и продолжают набухать оставшиеся. Часть проростков из I, II и III повторностей были пересажены на среду с регулятором роста 6-бензиламинопурин для дальнейшего изучения возможности массового размножения *A. uliginosus*.

Таким образом, показана возможность получения жизнеспособных асептических проростков астрагала болотного. Продолжение исследования позволит получить активно пролиферирующую культуру *in vitro* данного вида.

Исследование проведено на базе научной установки «Коллекция живых растений *in vitro* Ботанического сада-института ДВО РАН» по теме государственного задания «Введение в культуру, изучение и сохранение генетических ресурсов хозяйственно ценных растений Восточной Азии». Регистрационный номер: 122040800086-1.

Список литературы

1. Bajaj, Y. P. S. (1995). [Biotechnology in Agriculture and Forestry] Medicinal and Aromatic Plants VIII Volume 33 // *Astragalus Species (Milk Vetch): In Vitro Culture and the Production of Saponins, Astragaline, and Other Biologically Active Compounds.*, 10.1007/978-3-662-08612-4(Chapter 6), 97–138.
2. Коцупий, О.В. Состав и содержание флавоноидов видов растений из секций Eudmus Bunge и Melilotopsis Gontsch. Рода *Astragalus* l. Сибири / О.В. Коцупий, Г.И. Высоцина // Ученые записки ЗабГУ. Серия: Биологические науки. 2016. №1.
3. Lysiuk, R. Pharmacology and Ethnomedicine of the Genus *Astragalus* / R. Lysiuk, R. Darmohray // International Journal of Pharmacology Phytochemistry and Ethnomedicine 3:46-53 (2016).
4. Shemetova T.; Erst A.; Wang W.; Xiang K.; Vural C.; Aytaç, Zeki "Seed morphology of the genus *Astragalus* L. from North Asia," *Turkish Journal of Botany*: Vol. 42: No. 6, Article 4.
5. Фирсова, М.К. Семенной контроль / М.К. Фирсова. – М.: Колос, 1969. – 295 с.
6. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15: 13, 473 – 497.
7. Berdasova, K.S. The effect of abiotic factors on *in vitro* seed germination in *Oxytropis chankaensis* Jurtz., a rare endemic species of the Russian Far East / K.S. Berdasova, A.S. Pianova, L.A. Kameneva // *Botanica Pacifica. A journal of plant science and conservation* 2023. 12(2): 168-171.
8. Тхай, Х.Н. Всхожесть и динамика прорастания семян *Astragalus uliginosus* L. и *Lespedeza cytobotrya* Miq. (сем. Fabaceae Lindl.) разных сроков хранения / Х.Н. Тхай, С.В. Нестерова, К.В. Горобец, Н.А. Царенко // Материалы региональной научно-практической конференции по естественным наукам для студентов, аспирантов и молодых учёных, Владивосток, 15 апреля – 10 мая 2023 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Дальневосточный федеральный университет. – Владивосток: ФГАОУ ВО «ДВФУ», 2023. – С. 18-21.

Носков Д. В.<sup>1</sup>

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МНОГОЩЕТИНКОВЫХ ЧЕРВЕЙ (ANNELIDA: POLYCHAETA) В ВОДАХ ЮЖНОЙ КАМЧАТКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕДИЦИИ "ТИХООКЕАНСКИЙ ПЛАВУЧИЙ УНИВЕРСИТЕТ 2023"

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских ресурсов ИМО ДВФУ

Обширный мониторинг фауны многощетинковых червей, реализующийся в рамках экспедиций Тихоокеанского Плавучего Университета в прикамчатских водах, способен собрать большой массив данных о разнообразии, распространении и распределении представителей класса Polychaeta данной акватории, их влиянии на водные сообщества, а также установить последствия воздействия дестабилизирующих факторов недавнего прошлого, на эту группу морских беспозвоночных и среду их обитания.

Материалом послужили пробы макрозобентоса, отобранные в водах юго-восточного и юго-западного побережья Камчатки в период с 18 августа по 13 сентября 2023 года в ходе рейса РМ 23/4 НИС «Профессор Мультановский». Отбор проб производился коробчатым пробоотборником площадью захвата 0.1 м<sup>2</sup>. От грунта животные были фракционированы на разборочном столике, с минимальной ячеей сетки 1 мм. Фиксатором для образцов послужил 96% спирт или в случае эхиурид 4% раствор формалина. По итогу первичного разбора проб 2265 образцов было отнесено к классу Polychaeta, 1117 из них были предварительно распределены по таксонам ранга «Семейство» и выше.

В дальневосточных морях насчитывается 685 Polychaeta из 61 семейства. Для Охотского моря известно 374, а для района юго-восточной Камчатки – 115 видов многощетинковых червей [1].

Среди 1117 идентифицированных образцов были обнаружены представители 19 семейств класса Polychaeta, а также образцы животных из подкласса Echiura, с неустановленной принадлежностью к семействам. Семейства Nephtyidae и Pectinariidae представлены наибольшим количеством собранных экземпляров – 296 шт. и 282 шт. соответственно. Несколько меньше было собрано экземпляров из семейства Maldanidae (138 шт.) и подкласса Echiura (109 шт.). Достаточно представлены семейства Terebellidae (55 шт.), Oweniidae (50 шт.), Sabellidae (32 шт.), Ampharetidae (30 шт.), Polynoidae (30 шт.) и Phyllodociae (27 шт.). Незначительно представлены представители семейств Eunicidae (17 шт.), Opheliidae (16 шт.), Sternaspidae (13 шт.), Orbinidae (9 шт.) и Spionidae (5 шт.). Семейства Cirratullidae, Nereidae, Chaetopteridae, Flabelligeridae, Scalibregmidae представлены единичными экземплярами.

Среди 2263 экземпляров многощетинковых червей, отобранных в экспедиции на 93 станциях, 1428 было отобрано с 43 станций в Охотском море, у юго-западного побережья полуострова Камчатка, тогда как в тихоокеанской части, в районе юго-восточной Камчатки с 50 станций были собраны 835 экземпляров полихет.

Встреченные донные ландшафты были в основном представлены песчаными и илистыми грунтами, также встречались галечные и ракушечные грунты, но образцов полихет там обнаружено не было.

В песчаных грунтах преобладают семейства Nephtyidae и Pectinariidae. Хорошо представлены на данном типе грунтов Maldanidae, Oweniidae и Echiura. В небольшом количестве встречаются Sabellidae, Polynoidae, Opheliidae. Изредка в пробах попадались Phyllodocidae, Eunicidae, Orbinidae и Ampharetidae. Представленность единично попавшихся экземпляров Flabelligeridae, Spionidae, Scalibregmidae Sternaspida, Cirratulidae. Nereididae и Chaetopteridae в песчаном грунте не встречены. Большинство полихет обнаруженных илистых грунтах относятся к семейству Pectinariidae, в значительных количествах встречаются Maldanidae, Terebellidae, Nephtyidae и подкласс Echiura. В небольшом количестве в илистом грунте собраны Ampharetidae, Phyllodocidae, Oweniidae, Sabellidae, Eunicidae,

Polynoidae. Каждое из оставшихся 5 семейств встречается в илах единично. Семейства Scalibregmidae, Flabelligeridae не были встречены на илистых грунтах (Таблица 1).

Таблица 1

Количественная представленность семейств Polychaeta на разных типах грунта

Семейство	Количество особей в песчаном грунте, шт	Количество особей в илистом грунте, шт
Nephtyidae	260	36
Pectinariidae	180	102
Maldanidae	72	66
Echiura*	40	69
Terebellidae	5	50
Oweniidae	44	6
Sabellidae	26	6
Ampharetidae	9	21
Polynoidae	25	5
Phyllodocidae	12	15
Eunicidae	11	6
Opheliidae	16	0
Sternaspidae	1	12
Orbinidae	9	0
Spionidae	2	3
Cirratulidae	1	1
Flabelligeridae	1	0
Scalibregmidae	1	1
Chaetopteridae	0	2
Nereididae	0	2
Capitellidae	0	2

\*представители подкласса Echiura

Работа выполнена в рамках научно-образовательной программы «Плавучий университет» (соглашение № 075-01593-23-06), а также государственного задания FZNS-2023-0020 «Оценка экологической безопасности речных и прибрежных водных экосистем Камчатского края», 2023 год (рук. Винников Кирилл Андреевич)

*Список литературы*

1. Бужинская, Г. Н. Многощетинковые черви (Polychaeta) дальневосточных морей России и прилежащих вод Тихого океана / Г. Н. Бужинская. Товарищество научных изданий КМК – 2013 – 132 с.

---

Никифорова М.А.<sup>1</sup>, Бердасова К.С.<sup>2</sup>, Пьянова А.С<sup>2</sup>.

**ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ВВЕДЕНИЮ В КУЛЬТУРУ IN VITRO *OXYTROPIS SCHELUDJAKOVAE***

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских ресурсов ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Группа «Биотехнологии растений» Ботанического сада-института ДВО РАН

Научный руководитель – м.н.с. К.С. Бердасова

*Oxytropis* DC. (остролодка) – второй по числу видов род многолетних растений из семейства Fabaceae (бобовые) [2]. Около 350 видов распространены в умеренном и холодном поясах северного полушария. Для Азиатской России насчитывается 142 вида и 24 подвида остролодок [3]. Основные очаги видового разнообразия расположены в Центральной и Средней Азии, на юге Сибири и крайнем северо-востоке Азиатского материка [3, 5].

*Oxytropis scheludjakovae* Karav. & Jurtzev (остролодка Шелудяковой) многолетнее растение длинной до 30 см с укороченными подземными побегами, которые, выступая на поверхность почвы, несут на себе густую розетку непарноперистых опущенных листьев и безлистные цветоносы с головчатым многоцветковым соцветием. Венчик пурпурный. Плод – яйцевидно-ланцетный боб [3, 5, 1].

*O. scheludjakovae* является редким видом, эндемиком Дальнего Востока и Восточной Сибири, внесен в красную книгу Республики Саха (Якутия). Вид привязан к ограниченно распространенным и уязвимым степным сообществам. Кроме того, есть угроза уничтожения от любых видов хозяйственной деятельности, включая выпас с/х животных [4].

Для микроклонального размножения *O. scheludjakovae* были взяты 60 семян (3 повторности по 20 шт.). Их размер составил 1.55 мм в среднем, семена почковидной формы, коричнево-оливкового цвета. Перед стерилизацией проводили предобработку концентрированной  $H_2SO_4$  в течении 25 мин., а затем стерилизовали по схеме, приведенной для другого вида из данного рода: 1) обработка 1%  $AgNO_3$  в теч. 20 мин; 3) промывание 1% раствором  $NaCl$  [6]. Стерилизованные семена распределялись по поверхности питательной среды Мурасиге и Скуга (MS) [7] и культивировались при  $23\pm2^{\circ}C$  в условиях освещенности 3000 лк. и фотопериода 16/8 ч свет/темнота.

Посадки были произведены в 3 повторностях по 20 семян. Первые проростки во всех повторностях появились на 6 сутки. Массовая всхожесть отмечена на 12 сутки, также одинакова для всех повторностей. Прорастание семядольных листьев происходило на 10 сутки для 1 повторности, и на 12 сутки для 2 и 3 повторностей. Появление первых настоящих листьев отмечалось на 18 сутки для 1 повторности, на 25 сутки для 2 повторности, и на 21 сутки для 3 повторности (рисунок 1. А).

Всхожесть составила 53%, жизнеспособность - 6,66 % (рисунок 1. Б).



Рисунок 1. А – время прорастания *O. scheludjakovae*; Б – всхожесть и жизнеспособность *O. scheludjakovae*

Полученные растения переносили на питательные среды МС с регуляторами роста (6-бензиламинопурин (6-БАП), 1-нафтилуксусная кислота (НУК) и тиодизурон (ТДЗ) в концентрации 0,5 мг/л среды) для дальнейшего наблюдения, в качестве контроля использовали среду МС<sup>0</sup>. Пассаж производили каждые 30 дней (таблица 1).

Таблица 1

Влияние регуляторов роста на коэффициент мультипликации

Вариант среды	Коэффициент мультипликации, шт.
МС <sup>0</sup> (контроль)	0,8
МС + 0,5 мг/л 6-БАП	0,5
МС + 0,5 мг/л НУК	1,4
МС + 0,5 мг/л ТДЗ	1,2

В результате проведенного исследования было выявлено, что в условиях *in vitro* прорастание *O. scheludjakovae* происходит на 6 сутки при всхожести 53%, однако, жизнеспособность растений составляет всего 6,66%. Наибольший коэффициент мультипликации на данном этапе исследования

отмечается на среде с добавлением НУК и составляет 1,4 шт. Исследование продолжается и направлено на разработку наиболее эффективного протокола микроклонального размножения редкого вида *O. scheludjakovae*.

Исследование проведено на базе уникальной научной установки «Коллекция живых растений *in vitro* Ботанического сада-института ДВО РАН» (реестровый номер регистрации на сайте <http://ckp-rf.ru> – 347296) по теме государственного задания «Введение в культуру, изучение и сохранение генетических ресурсов хозяйственно ценных растений Восточной Азии». Регистрационный номер: 122040800086-1.

#### *Список литературы*

1. Ботанический сад Северо-Восточного Федерального Университета имени М.К. Аммосова [Электронный ресурс] – URL: <https://garden-nefu.ru/catalog/front/view?id=29>
2. Малая энциклопедия Забайкалья: Природное наследие / гл. ред. Р. Ф. Гениатулин. Новосибирск: Наука, 2009. – 698 с.
3. Малышев, Л. И. Разнообразие рода остролодка (*Oxytropis*) в Азиатской России / Л. И. Малышев // *Turczaninowia*. – 2008. – Т. 11.- № 3. – С. 5-141.
4. Красная книга Республики Саха (Якутия). Том 1. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. – Москва: Реарт, 2017. – 412 с.
5. Харкевич, С. С. Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Том 4 / Отв. Ред. С.С. Харкевич. – Л.: Наука, 1989. – 380 с.
6. Berdasova, K. S. The effect of abiotic factors on *in vitro* seed germination in *Oxytropis chankaensis* Jurtz., a rare endemic species of the Russian Far East / K. S. Berdasova, A. S. Pianova, L. A. Kameneva // *Botanica Pacifica: a Journal of Plant Science and Conservation*. – 2023. – Vol. 12, No. 2. – P. 168-171.
7. Murashige, T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture / T. Murashige, F. Skoog // *Physiol. Plant*, 1962. – Vol. 15, P. 473–497.

---

Юсупова Е.П.<sup>1</sup>, Наконечная О.В.<sup>1</sup>

#### **МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ *ARISTOLOCHIA FIMBRIATA***

<sup>1</sup>Сектор микроклонального размножения лесных, сельскохозяйственных и декоративных растений  
ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО, РАН

<sup>1</sup>Научный руководитель - к.б.н, ст. научный сотрудник О.В. Наконечная

*Aristolochia fimbriata* Cham. (кирказон бахромчатый) – травянистый многолетник, представитель древнего семейства покрытосеменных Aristolochiaceae Juss [3]. Вид произрастает в Бразилии, Аргентине и других странах Южной Америки [2]. Вид обладает широким спектром лекарственных свойств. Его применяют при лечении астмы, простуды, озноба, лихорадки [4]. Растение из-за своих оригинальных цветков и красивых листьев может быть использовано как декоративное. Культивирование растений тропического вида *A. fimbriata* в защищенном грунте умеренной зоны является одним из способов сохранения биоразнообразия мировых растительных ресурсов [5]. Для вида не отмечено вегетативного размножения, семенное размножение осложнено особенностями процесса опыления. Преодолеть трудности и увеличить численность позволяет применение метода микроклонирования. Данная технология является привлекательной для исследователей из-за своего потенциала массового дублирования растений с определенным генотипом в течение всего года.

Целью данной работы является введение *in vitro* и микроклонирование растений *Aristolochia fimbriata*.

Растения *A. fimbriata* выращены из семян, полученных из ботанических садов Германии и Франции в 2012 г. В качестве эксплантов использовали участки молодых побегов с одной или двумя пазушными почками. Стерилизовали по стандартной методике [1] с обработкой 0.1% раствором диацида. После стерилизации экспланты помещали на безгормональную питательную среду Мурасиге и Скуга [6] с половинной концентрацией макро- и микроэлементов.

Анализ результатов показал, что использование 0.1% раствора диацида в течение 1 мин позволило провести качественную поверхностную стерилизацию и способствовало получению высокого процента неповрежденных эксплантов (93%), способных к росту. Активный рост микропобегов, сопровождающийся формированием развитой корневой системы, отражает успешность применения выбранного варианта питательной среды для микроклонального размножения *A. fimbriata*.

#### *Список литературы*

1. Бутенко, Р.Г. Культура изолированных тканей и физиология морфогенеза растений / Р.Г. Бутенко. - М.: Наука, 1964. 272 с.
2. Bliss, B.J. Characterization of the basal angiosperm Aristolochia fimbriata: a potential experimental system for genetic studies / B.J. Bliss, S. Wanke, A. Barakat et al. // BMC Plant Biology. 2013. Vol. 13, N 13. 25 p. – <http://www.biomedcentral.com/1471-2229/13/13>.
3. Schmidt O.C. Aristolochiaceae // Engler A., Prantl K. Die natürlichen Pflanzenfamilien. Ed. 2. Leipzig: W. Engelmann, 1935. Bd. 16b. S. 204–242.
4. Lewis, W.H., Elvin-Lewis, M.F.P., 2003. Medical Botany: Plants Affecting Human Health. N.J. Wiley, Hoboken.
5. Наконечная, О. В. Онтогенез *Aristolochia fimbriata* Cham.(Aristolochiaceae) в условиях защищенного грунта / О. В. Наконечная, С. В. Нестерова, Н. М. Воронкова, А. Б. Холина // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук, № 1, С. 50 –57.
6. Murashige, T. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // Physiol. Plant. 1962. V. 15. P. 473–497.

---

Стеблина Т.И.<sup>1</sup>

#### **БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЗООПЛАНКТОНА ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКИ**

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских ресурсов ИМО ДВФУ

<sup>1</sup> Науч. рук. – к.б.н., доцент кафедры биоразнообразия и морских биоресурсов О.А. Рутенко

Морские экосистемы юго-восточного сектора Камчатского полуострова функционируют как критические зоны для агрегации и репродуктивных циклов многочисленных экономически значимых видов рыб, включая минтай [1], камбал [2] и представителей семейства лососевых [2]. В ранних стадиях развития этих видов, микрозоопланктон, особенно яйца эвфаузиид и науплиусы копепод, выступает как доминирующая пища для личинок минтая и камбал в период весеннего нереста [3]. Мезопланктон, включающий взрослых копепод и эвфаузиид является основой кормовой базы молоди лососей. В контексте наблюдаемых глобальных климатических изменений и нарастания антропогенного воздействия на морские экосистемы, углубленные и многогранные исследования зоопланктона приобретают высокую научную и прикладную значимость. Изменение гидрологических условий может кардинально влиять на распределение и плотность зоопланкtonных сообществ, что, в свою очередь, имеет прямые последствия для продуктивности и стабильности ихтиофауны. Поэтому акцент на изучении структурных и функциональных аспектов зоопланкtonных ассоциаций в динамике,

особенно в сезонные периоды репродуктивной активности ключевых промысловых видов, становится первостепенным. Такие исследования не только способствуют пониманию текущего состояния морских экосистем, но и критически важны для разработки стратегий устойчивого использования морских биоресурсов и адаптации к меняющимся условиям окружающей среды.

В основу исследования положен материал, собранный на комплексных океанологических станциях, в ходе рейса ПМ 23/4 НИС «Профессор Мультановский» экспедиции «Тихоокеанский плавучий университет 2023» на юго-восточной акватории Камчатки в период с 15 августа по 20 сентября 2023 г. Облов планктона осуществляли сетью зоопланктонной «Джеди» МОРЕ ( $d = 250 \times 300 - d = 300 \times 700 \times 45$  мм; размер ячеи - 150 мкм). Во время съемки зоопланктона выполняли тотальный облов от глубины 200 м, а если глубина была менее 200 м, то до дна, добиваясь касания дна концевым грузом. Всего было собрано 49 проб зоопланктона на восточном побережье Камчатки (рисунок 1).

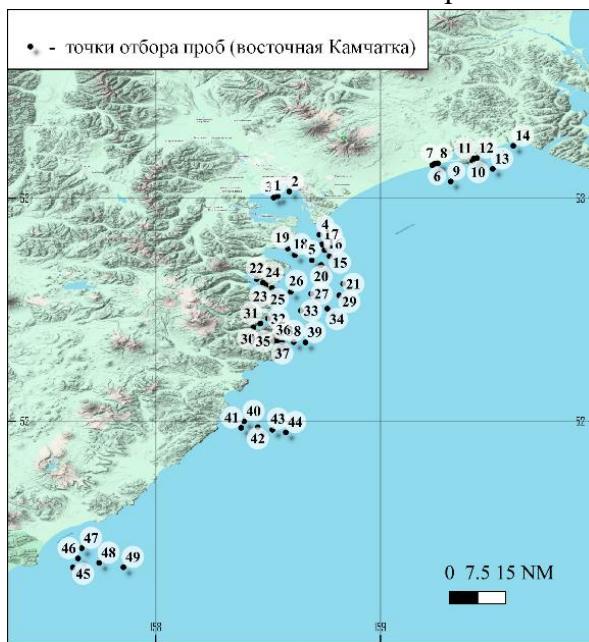


Рисунок 1 – станции отбора проб зоопланктона на юго-восточной акватории Камчатки

В рамках проведенного исследования был осуществлен таксономический анализ зоопланктонных групп, в ходе которого было установлено, что наибольший вклад в зоопланктонное сообщество вносят копеподы и ракообразные подотряда Euphausiacea. Дополнительно были идентифицированы сопутствующие группы такие как щетинкочелюстные (Chaetognatha), гиперииды (Hyperiidea), медузы мелкоразмерных категорий (<20 мм), птероподы (Pteropoda), гаммариды (Gammaridea), аппендикулярии (Appendicularia), мизиды (Mysida), ихтиопланктон и единичные особи гребневиков (Ctenophora). Было выявлено, что структура сообщества зоопланктона и её изменчивость, как в сезонном, так и в межгодовом аспектах, обусловлены флюктуациями в прибрежной водной массе и транспортом водных масс из пелагических зон, что подчеркивает необходимость проведения целенаправленных и многоплановых океанологических исследований. Основной акцент этих исследований должен быть направлен на мониторинг зоопланктонных сообществ и изучение их вариабельности в различные периоды года, чтобы обеспечить глубокое понимание динамики биотических компонентов, влияющих трофическую структуру и энергетические потоки в морской экосистеме региона.

Работа выполнена в рамках научно-образовательной программы «Плавучий университет» (соглашение № 075-01593-23-06) и финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № FZNS-2023-0020.

### *Список литературы*

1. Буслов, А.В. Новые данные о распределении и миграциях минтая в тихоокеанских водах Северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки // Изв. ТИНРО. 2001. - Т. 128 –1. - С. 229-241.
2. Коваль, М. В., Ерохин, В. Г., Тепнин, О. Б. Особенности формирования кормовой базы, питание и биологические показатели молоди тихоокеанских лососей в водах восточной Камчатки в осенний период 1998-2005 гг //Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). – 2007. – Т. 151. – С. 423-449.
3. Батищева, Н. А. Состав и распределение зоопланктона у юго-восточного побережья Камчатки весной 2006 г //Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2008. – №. 11. – С. 42-46.

---

Немцева А.К.<sup>1</sup>

## **ЗООПЛАНКТОН ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАМЧАТКИ**

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских ресурсов ИМО ДВФУ

<sup>1</sup> Науч. рук. – к.б.н., доцент кафедры биоразнообразия и морских биоресурсов ДВФУ Рутенко О. А.

Морские прибрежные экосистемы вдоль западного побережья Камчатского полуострова обладают высоким уровнем биоразнообразия, представленного в том числе множеством промысловых видов ихтиофауны и разнообразных бентосных беспозвоночных. Зоопланктон, играющий критическую роль в пищевых сетях этих экосистем, особенно значим на ранних стадиях развития морских организмов [1]. В личиночный период, охватывающий первые 10–20 дней жизненного цикла, рыбы потребляют микрозоопланктон, к которому относятся инфузории, коловратки, наутилиусы веслоногих (Soropoda) и усоногих раков (Cirripedia), трохофоры моллюсков, личинки полихет, мелкие остракоды и другие мелкие водные организмы. Оптимальная плотность этих кормовых организмов на начальном этапе развития является решающим фактором для выживаемости личинок, в то время как низкая концентрация зоопланктона может приводить к повышенной смертности из-за недостатка питательных ресурсов [2].

Доминирующие группы зоопланктона в прикамчатской акватории Охотского моря, включают копепод (Soropoda), эвфаузиид (Euphausiacea), щетинкочелюстных (Chaetognatha) и гипериид (Hyperiidea). Эти группы зоопланктонных организмов составляют основной кормовой ресурс для многих планктофагов, а также для личинок и молоди других видов рыб. Копеподы, в частности, известны своей высокой питательной ценностью и содержанием незаменимых аминокислот, что делает их одним из основных компонентов пищевой цепи в морских экосистемах [3]. Представители семейства Calanidae, находящиеся на вершине зоопланктонного спектра по биомассе и численности в прикамчатских водах, могут образовывать скопления в локальных участках, где гидрологические условия, формируемые системой течений и круговоротов, благоприятствуют их концентрации [4].

Многолетние исследования биомассы и численности массовых видов зоопланктона демонстрируют, что, за исключением редких случаев, эти показатели поддерживаются на высоком уровне, указывая на стабильность компонентов трофической сети в исследуемом регионе, тем не менее, высокая локализация биомассы зоопланктона подчеркивает необходимость детального анализа гидрологических параметров конкретных участков для адекватного понимания паттернов их распределения. Это подчеркивает важность проведения интегрированных исследований количественного и качественного состава планктонных сообществ, учитывающих как локальные гидрологические параметры в точках пробоотбора, так и сезонные изменения, присущие всей

акватории, что предоставит ключевые данные для поддержания биопродуктивности и устойчивого управления морскими ресурсами региона.

Работа выполнена в рамках научно-образовательной программы «Плавучий университет» (соглашение №075-01593-23-06) и ГЗ «Оценка экологической безопасности речных и прибрежных водных экосистем камчатского края» FZNS-2023-0020.

#### *Список литературы*

1. Максименков, В.В. Состав, структура и обилие зоопланктона в прибрежье западной Камчатки в 2005 Г. / В.В. Максименков, Т.В. Максименкова / Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо - западной части Тихого океана – 2008. Вып. 10. – С. 21 – 23.
2. Григорьев, С.С., Седова, Н.А. Пищевые отношения между пелагическими личинками рыб и планктонными организмами в прикамчатских водах / С.С. Григорьев, Н.А. Седова / ВЕСТНИК КамчатГТУ – 2023. – № 63. – С. 47 – 49.
3. Максименков, В. В. Состав и обилие зоопланктона у западного побережья Камчатки в июле 2013 г / В. В. Максименков, А. В. Климов //Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2016. – №. 40. – С. 61-65.
4. Волков, А. Ф. Сезонная и многолетняя динамика в планктоне эпипелагиали прикамчатских вод Охотского моря /А.Ф. Волков //Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыболовохозяйственного центра). – 2013. – Т. 175. – С. 206-233.

## Раздел II ГЕОГРАФИЯ

Безделева А.А.<sup>1</sup>

### АНАЛИЗ ФОНОВОГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОДОТОКОВ, ВПАДАЮЩИХ В БУХТУ НОВИК

<sup>1</sup>Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к.г.н., доцент И.А. Лисина

Бухта Новик является физико-географическим объектом, разделяющим о. Русский на две неравные части: северо-восточную, носящую название п-ов Сапёрный, и основную часть острова. Береговая линия сильно изрезана, образуя много небольших бухт, таких как: Лагерная, Жданко, Шошина, Труда, Полеводина и другие.

На побережье б. Новик расположено несколько населенных пунктов: пос. Подножье, пос. Шигино, пос. Церковная падь, пос. КЭТ, пос. Экипажный (юго-западная часть); ЖСК «Остров», пос. Парис, пос. Мелководный, пос. Канал, а также база отдыха «Русский Ренессанс» и корпуса ДВФУ (L и M). На 1 марта 2024 г. численность населения о. Русский составляет 6 883 человека [1]. Общее количество жилых помещений в ЖСК "Остров" равно 378, и они ещё не все укомплектованы [2]. Согласно перспективному плану развития г. Владивостока антропогенная нагрузка на островные ландшафты будет значительно увеличиваться, и для ее оценки необходим мониторинг фонового (естественного) состояния всех экосистем острова. При этом водотоки рассматриваемой территории практически не изучены.

Исходя из вышеизложенного целью работы явилась оценка гидрологического режима водотоков бассейна бухты Новик. В задачи входило: установление количества постоянных водотоков, впадающих в бухту Новик; гидрохимический анализ воды; измерение стоковых характеристик; характеристика ландшафтов.

Для получения исходных данных были проведены натурные полевые наблюдения по 5 маршрутам в период межени с 3 декады сентября по 1 декаду ноября, в ходе которых была исследована вся линия побережья и установлены устья постоянных водотоков. Было установлено, что в бухту Новик впадает 26 водотоков, из которых 17 относятся к п-ву Саперный и 9 впадают с противоположного берега (рис. 1). Наибольшие площади водосборов характерны для второй группы водотоков. Берег на обеих сторонах бухты преимущественно галечно-гравийный, в б. Трудовая встречается гравийный берег. В кутовой части бухты берег сформирован скоплением отмерших водорослей, и часто его пологая часть перемежается с обрывами. Юго-западная часть побережья бухты включает в себя 2 искусственных участка созданных при строительстве автомобильной дороги, они сложены крупно- и мелкообломочной слабо окатанной горной породой и строительным мусором (кирпич, черепица и др.).

В устье каждого водотока отобран ряд проб воды, для которых в лабораторных условиях был проведен гидрохимический анализ: оценены солёность, плотность, pH, мутность, цвет и запах. В результате были получены следующие результаты: соленость воды колеблется в пределах 10,5–20,1‰, что относит воды к категории солоноватых; водородный показатель изменяется в промежутке значений 6,28-8,23 (среднее значение равняется 7,14, что соответствует нейтральной среде). Водотоки северо-восточной части в сравнении с юго-западной обладают большей соленостью, мутностью, практически для всех характерен неприятный запах, скорее всего, связанный с перегниванием органики в застойных частях водотока.

В результате проведенного исследования образцов можно сделать вывод, что вода, поступающая в б. Новик с юго-западной части острова, более чистая по сравнению с водотоками, стекающими с полуострова Саперный; начиная от мыса Старицкого в направлении к кутовой части бухты водотоки становятся полноводнее и чище. Схематичное картирование позволяет увидеть неравномерное распределение водотоков и проследить основные отличия характеристик водотоков, выявленных гидрохимическим методом.

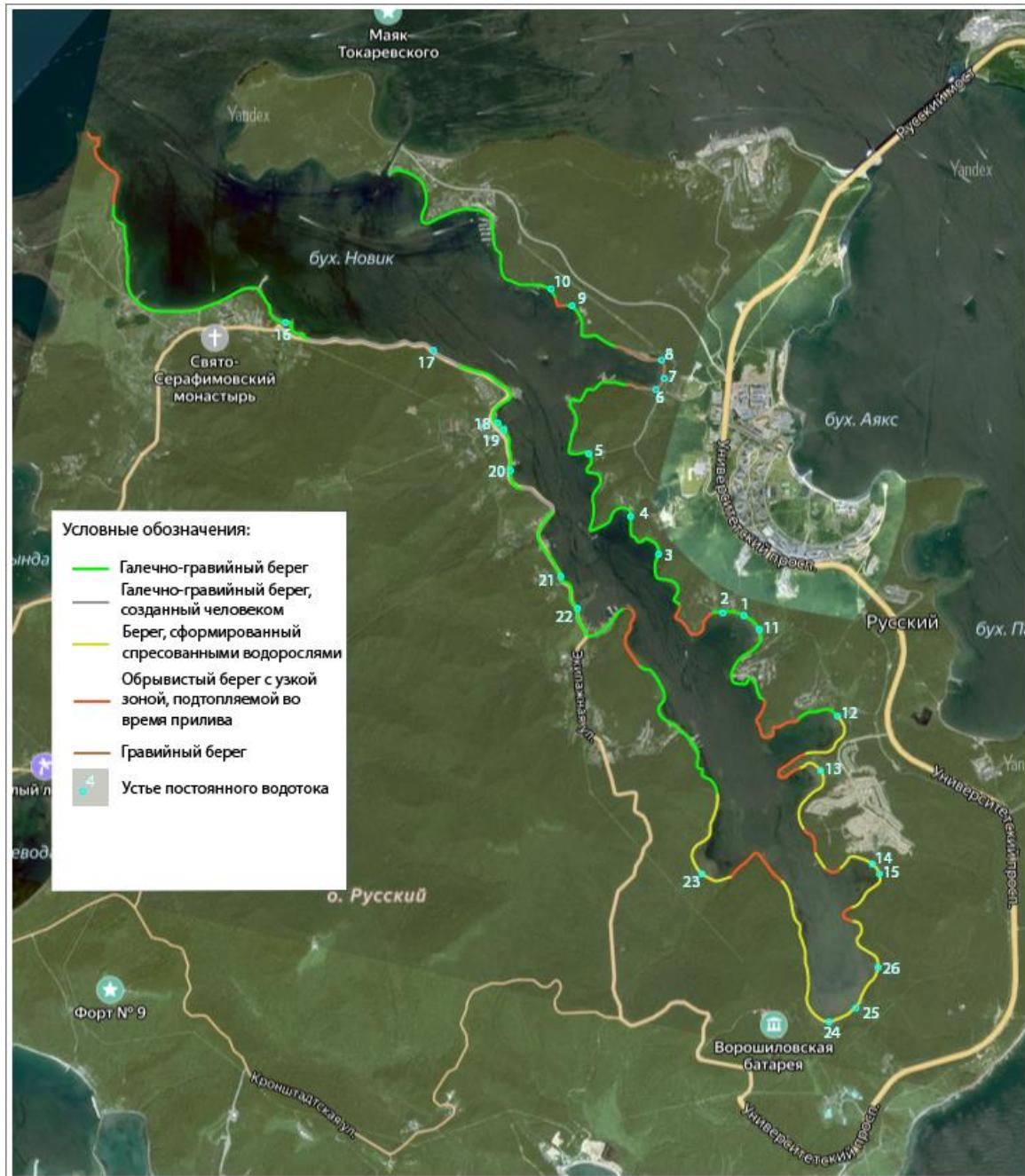


Рисунок 1 – Карта-схема исследуемой территории с обозначением мест взятия проб

#### Список литературы

1. Население острова Русский во Владивостоке – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bdex.ru/naselenie/primorskiy-krai/vladivostok/n/russkiy/>
2. Сайт ЖСК «Остров» - [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://zskostrov.moy.su/index/0-2>

---

Бойко Д.К.<sup>1</sup>

## МОНИТОРИНГ ПЫЛЬНЫХ БУРЬ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ

<sup>1</sup>Департамент наук о земле ИМО ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель – Н.Г. Котович

В настоящее время в Восточной Азии [1] проблемой стал рост пыльных бурь – жёлтая пыль Монголии «Туйрэн». Согласно данным исследований, проведённых в Авиационном метеорологическом центре в Улан-Баторе, подобные пыльные бури значительно участились: в 50-х годах «Туйрэн» наблюдался около пяти раз в год, то в настоящее время это число дошло до тридцати. В этом десятилетие жёлтые бури стали крупной проблемой вследствие увеличения промышленных загрязнений, содержащихся в пыли, и усилившегося опустынивания.

Азиатские пыльные бури – метеорологические явления вызываемыми циклоническим вихрями проходящие над районами Монголии (Гоби) и северо-востока Китая (Лёссовое плато). При этом пустыни в Монголии занимают 41,3% её территории. При прохождении глубоких циклонов и усилении ветра пыль и песок из пустынь Монголии и Северного Китая поднимаются в воздух в виде плотных облаков, достигая стрatosферы.

Пыль воздушными потоками переносятся на большие расстояния. Облака пыли могут наблюдаться на Дальнем Востоке во время дождя или снегопада. Подобные дожди с песком и пылью в Приморье бывают часто, при этом концентрация взвешенных частиц и состав меняются в зависимости от метеоусловий и особенностей данной местности.

Внезапные пыльные бури представляют серьёзную опасность для населения. Так, в мае 2008 года во время сильной песчаной бури в Монголии погибли 46 человек. Явление опасно не только для здоровья человека, пыльная буря наносит существенный ущерб и экономике стран Восточной Азии. По данным министерства окружающей среды и туризма Монголии, за последние 20 лет ущерб, нанесённый экономике страны пыльными бурами и стихийными бедствиями, вырос в два раза. Причиной увеличения случаев пыльных бурь (76,8% [2]) на территории Монголии оказалось подверженность её опустыниванию, и по прогнозам метеорологов ситуация будет только ухудшаться. За последние 80 лет средняя температура в Монголии выросла на 2,25°C, что почти в три раза больше среднемировых показателей. Среднее количество осадков за то же время уменьшилось на 7–8%, за 40 лет число жарких дней увеличилось на 20 случаев. С 2005-го по 2020-й год пришлось 10 самых жарких годовых периодов за 80 лет наблюдений. В середине марта 2024 г. мощная пылевая буря обрушилась на Монголию, север Китая, в том числе Пекин, КНДР и Республику Корея. Китайские метеорологи сообщили, что песчаная буря пришла из Монголии, в период прохождения пыльной бури погибли 9 человек. В Токио мельчайшие частицы песка из Монголии были обнаружены 30 марта. 28 марта 2024 года южная часть Амурской области оказалась на пути смещения юго-западного циклона, который принес пыль и песок из Монголии и Китая [3].

Главный способ борьбы с опустыниванием и пыльными бурами является увеличение растительного покрова почвы, в том числе посадка лесов. Сейчас леса занимают 7,9% монгольской территории, власти хотят увеличить этот показатель до 8,6% в ближайшие четыре года. С 2005 года в Монголии работает программа «Зеленая стена» по увеличению растительного покрова в пустыне Гоби.

### *Список литературы*

1. Жёлтая пыль Монголии - [Электронный ресурс] // Наука и жизнь. – Режим доступа: <https://www.nkj.ru/archive/articles/23113/> (дата обращения: 28.09.2024).
2. Пыльные бури в Монголии участились из-за опустынивания - [Электронный ресурс] // Номер один. – Режим доступа: <https://gazeta-n1.ru/news/society/97345/> (дата обращения: 28.09.2024).

Волкова Д.И.<sup>1</sup>, Вихренко С.В.<sup>1</sup>

## МОРФОЛОГИЯ И ДИНАМИКА ПЛЯЖА НА КОСЕ НАЗИМОВА

<sup>1</sup>Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

В заливе Посыт между бухтами Рейд Паллада и Экспедиции расположено томбolo, отделяющее акватории. Оно представляет собой аккумулятивную форму причененную к останцу – мысу Назимова, где расположен одноименный маяк. В вершине ее сформирована терраса.

Томбolo считается сложной по генезису аккумулятивной формой, т.к. существует множество факторов и условий их образования. Чаще всего оно образуется между островом или останцом и материковой частью суши. В таком случае остров (или останец) создает «волновую тень», из-за которой уменьшается емкость потока наносов и начинается аккумуляция. Постепенно растет аккумулятивный выступ, который со временем преобразуется в свободную форму – косу. Рост накоплений будет продолжаться до тех пор, пока не перекроет пролив между островом и материком [1].

Образование косы связано с переносом и переотложением, в основном, песчаных осадков древней дельты р. Туманная [2].

На всем протяжении косы Назимова располагается песчаный пляж прислоненного односклонного профиля. Длина пляжа составляет около 8700 м – это один из самых протяженных пляжей в Хасанском районе и уступает лишь Хасанскому взморью; средняя ширина колеблется от 20 до 25 м. Уклон около 5°.

Так как Японское море относится к неприливным морям, то приливы здесь незначительны. Основную роль в трансформации пляжа играют зимние шторма, припай и прохождение тайфунов в летне-осенний период.

Как показывают результаты нивелировочных работ, за зиму количество наносов уменьшается и пляж сужается. Лишь отдельные профили показывали расширение пляжа. Эти профили приходятся на приближенные к материковой части участки.

По результатам нивелировки абсолютная высота пляжа составляет около 2-х метров. Сложно выделить определенные участки на склоне пляжа наиболее подверженных трансформации. Динамичная зона не превышает 0,5 м.

Во время прохождения тайфунов и усиления штормового волнения происходит подъем уровня и затопление значительной части пляжа, что нарушает сложившийся режим отдыха.

По гранулометрическому составу на участке, приближенном к материковой части (профиль Кс12), четкой закономерности увеличения размера фракции не наблюдается. Так в урезовой части пляжа (зоне заплеска)  $Md=0,17$  мм резко увеличивается до 7,4 мм – здесь наблюдается скопление гальки и ракушки; выше по профилю средний размер фракции резко уменьшается  $Md=0,19$ , затем снова резко увеличивается до 5,6 мм. Такой разброс размерности фракций указывается на сильные заплески волн, особенно в период штормов, о которых говорилось ранее. Коэффициент сортировки указывает на плохую сортировку наносов только на участках с включениями крупных фракций.

Рассмотрим профиль, приближенный к останцу (профиль Кс17). Здесь уже отсутствует резкий контраст по размеру фракций. На урезе средний размер фракции  $Md=0,19$  мм, а на береговом вале – 1,3 мм, ближе к террасе – 0,22 мм. Плохая сортировка соответствует пробам с включением гравия.

По загрязненности полигон на косе Назимова самый грязный из выбранных контрольных пляжей (пляжи в бухтах Зарубино, Бойсмана, Баклан, Нарва). Большая часть томбolo представляет собой «дикий» пляж, а рекреационная застройка появляется лишь на участке приближенному к материковой части. Отсутствие следящих за пляжем органов и предприятий, а также рекреационной инфраструктуры приводит к большому скоплению антропогенного мусора. Это несмотря на

удаленность от больших населенных пунктов и затрудненного передвижения по песку автотранспорта, но это играет и положительную роль для экологического состояния пляжа, т.к. на побережье, даже в туристический сезон, не так многолюдно.

Усугубляют ситуацию и проходящие тайфуны. В результате море выбрасывает на пляж еще и биогенные загрязнители в виде большого количества ракушки (песчанка, гребешок).

Стоит отметить, что на участках, где расположены базы отдыха, за пляжем следят и вовремя отчищают.

Результатом исследования данного полигона стала карта-схема морфологии и динамики Косы Назимова.

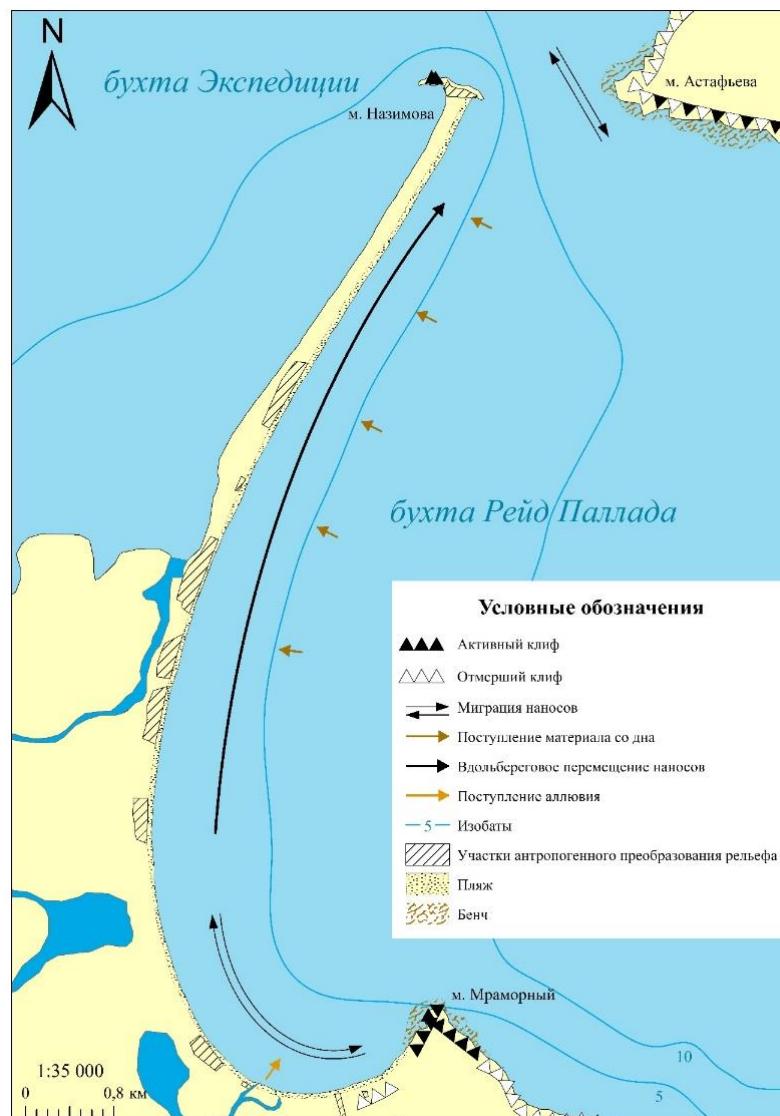


Рисунок 1 – Карта-схема морфологии и динамики Косы Назимова

#### Список литературы

1. Леонтьев, О.К. Основы геоморфологии морских берегов / О.К. Леонтьев. – Москва: Изд-во МГУ, 1961. – 418 с.
2. Петренко В.С. Морфодинамика и отложения пляжей риасового побережья Приморья // Палеогеографические исследования на Дальнем Востоке. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. С. 117-122.

Голубева Е. Н.<sup>1</sup>

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПЕРВОГО ГОРОДСКОГО ПЛЯЖА НА О. РУССКИЙ

<sup>1</sup>Департамент наук о земле ИМО ДВФУ

Научный руководитель – ассистент Д.И. Волкова

Исследование эффективности применения отсыпных пляжей для создания берегозащиты и новых рекреационных зон является актуальной задачей современной прибрежной геоморфологии.

Пляж – это одно из наиболее динамичных морфологических образований, которое играет важную роль в сохранении прибрежных экосистем. В своём развитии любая часть аккумулятивного берега проходит стадию пляжа [1].

На побережье залива Петра Великого, в проливе Босфор Восточный, в районе посёлка Канал на о. Русский, в июне 2022 года состоялось открытие новой рекреационной зоны для купально-пляжного отдыха – отсыпной Первый городской пляж.

Выбранный участок для создания новой зоны отдыха представлял собой естественным путем сформированный небольшой односклонный пляж шириной менее 10 м и в длину около 150 м. Прежде, чем его отсыпать, муниципальное предприятие «Содержание городских территорий» вывезло около 50 КамАЗов мусора различного генезиса [2].

Территория пляжа была увеличена в длину до 320 м за счет вырубки участка леса общей площадью около 4,2 км<sup>2</sup>, также искусственно он был расширен, и средняя ширина пляжа составила 20 м (рисунок 1). Для отсыпки было завезено 1300 тонн песка [2].

На данной территории была создана рекреационная инфраструктура, в которую входили: душевые с пресной водой, раздевалки, шезлонги, волейбольные площадки и биотуалеты, пешеходные дорожки и парковка. Планировалось дальнейшее благораживание территории и развитие инфраструктуры.



Рисунок 1 – Первый городской пляж: слева – до (июль 2018 г.), справа – после отсыпки (июль 2022 г.)

В октябре 2023 года на выбранном пляже была проведена рекогносцировка, в ходе которой была зафиксирована текущая ширина пляжа, отобраны пробы на определение гранулометрического состава наносов, выполнена фотофиксация.

По прошествии времени пляж претерпел изменения в гранулометрическом составе. Завезенный ранее песок, стал заменяться более крупной фракцией.

Так, например, на урезе (рис. 2) отсутствует однозначная господствующая фракция на всем протяжении береговой линии. В центральной части и ближе к каналу (ПГР-1,2) это гравий (3–10 мм), в противоположной стороне (ПГР-3) – средний песок (0,25–0,5 мм). Это объясняется определенным углом подхода волн за счет имеющегося рядом канала и, как следствие, более интенсивной работы волн (в том, числе от проходящего мимо водного транспорта).

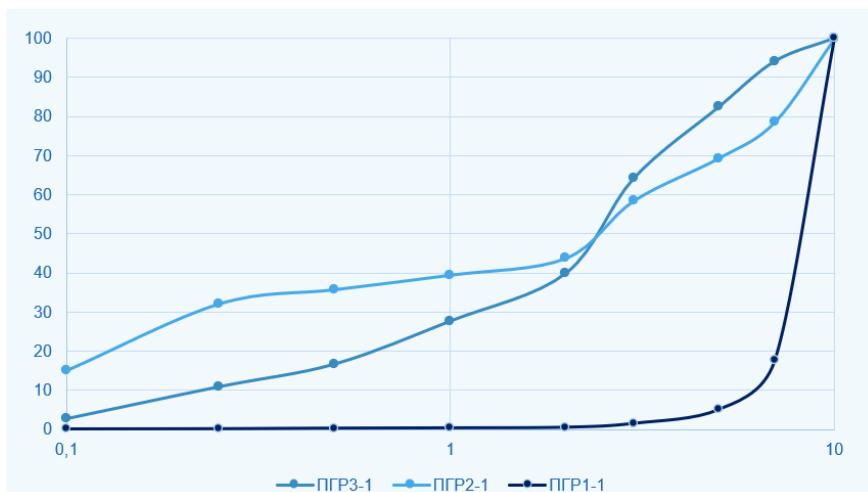


Рисунок 2 – Кумулятивные кривые проб, взятых на урезе Первого городского пляжа (октябрь 2023г.)

В зоне заплеска кумулятивные кривые на всем протяжении пляжа имеют преобладающую фракцию мелкого песка (0,1-0,25 мм).

В тыловой части пляжа также преобладает мелкий песок с примесью гравия, который попадает на пляж за счет разрушения примыкающей к пляжу террасы. Терраса плохо сцепментирована и с легкостью осыпается.

В целом гранулометрический состав наносов неоднородный.

Планируется дальнейший мониторинг за состоянием пляжа.

## *Список литературы*

1. Леонтьев, О.К. Основы геоморфологии морских берегов. – Москва: Изд-во МГУ, 1961. – 420 с.
  2. Первый городской пляж во Владивостоке - [Электронный ресурс] // Новости Владивостока – Режим доступа: <https://primamedia.ru/news/1348232>.

Григорьева К.О.<sup>1</sup>

## **ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА КАК ОДНА ИЗ ГЛАВНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ТЕРРИТОРИИ НА ПРИМЕРЕ Г. КОМСОМОЛЬСКА-НА-АМУРЕ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ**

<sup>1</sup>Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к.г.н., доцент Широкова А.В.

Экологическая ситуация любой территории определяется совокупностью ее экологических проблем, приводящих к негативным последствиям для жизнедеятельности человека. Выявление ведущей экологической проблемы территории и последующее принятие необходимых природоохранных мер по предотвращению негативного воздействия на окружающую среду и человека - важнейшая задача для современного общества.

Во всех промышленных городах наблюдается антропогенное загрязнение окружающей среды, где главным образом подвергаются негативному воздействию воздух, водные объекты и почвы. Одной из главных экологических проблем г. Комсомольск-на-Амуре является критичное загрязнение воздуха.

Цель работы: проанализировать и дать характеристику экологической ситуации по загрязнению воздуха г. Комсомольск-на-Амуре Хабаровского края. В соответствии с поставленной целью, были выделены следующие задачи: проанализировать экологическую ситуацию по загрязнению атмосферы в г. Комсомольск-на-Амуре; выявить главные причины данной экологической проблемы города.

Комсомольск-на-Амуре входит в число крупнейших по размерам административно-территориальных образований не только Хабаровского края, но и всего Дальневосточного региона. Это второй по размерам город Хабаровского края и пятый — в ДФО. Площадь городской территории на 01.01.2023 г. составляет 325,1 кв.км, численность населения - 239,4 тыс.человек. Город является крупнейшим промышленным центром Хабаровского края: авиа- и судостроение, нефтеперерабатывающая, metallurgическая промышленности определили основные угрозы экологической безопасности, наличие опасных объектов накопленного вреда окружающей среде [3].

Загрязнение атмосферы вредными веществами – одна из главных экологических проблем города. Уровень загрязняющих веществ в воздухе зависит от объема выбросов вредных веществ в атмосферу от стационарных и передвижных источников, а также от климатических особенностей города.

Территория г. Комсомольск-на-Амуре отнесена к зоне повышенного потенциала загрязнения атмосферы с особенно неблагоприятными условиями для рассеивания примесей. Постоянные приземные и приподнятые инверсии, слабые ветра, застой затрудняют рассеивание вредных примесей и способствуют их накоплению [1]. Особенno неблагоприятные условия складываются зимой, когда потенциал загрязнения атмосферы увеличивается по сравнению с летом почти в 1,5 раза ввиду малого количества осадков. Экологическая ситуация несколько улучшается летом, что связано со значительным количеством осадков, вымывающих примеси из атмосферы. Весной и осенью также более благоприятны для рассеивания загрязняющих веществ – ветра по долине Амура способствуют выносу примесей за пределы города.

Общий объем выбросов загрязняющих веществ в воздух от стационарных и передвижных источников в г. Комсомольск-на-Амуре в 2021 г. составил 30,4 тыс.тонн, что превышает показатели за 2018 г. в 1,4 раза [2].

По динамике показателей загрязнения атмосферы города по данным стационарных наблюдений [1] по основным загрязняющим веществам за период с 2019 г. по 2022 г. (рис. 1) можно сделать вывод, что средние концентрации взвешенных веществ (неорганическая пыль, зола, сажа, дым, сульфаты, нитраты и другие твердые вещества, образующиеся в результате сгорания всех видов топлива и при производственных процессах [2]) в воздухе (ПДК) в 2021–2022 гг. значительно увеличились по сравнению с предыдущими периодами. Средние концентрации диоксидов серы, оксидов углерода, диоксидов и оксидов азота (образуются в процессе сгорания продуктов серы, азота и углерода) находятся в пределах предельно допустимых значений. Уровень загрязнения бенз(а)пиреном (вещество I класса опасности, негативно влияющего на здоровье человека) на территории города с 2020 г. снижается, но остается таким же высоким.

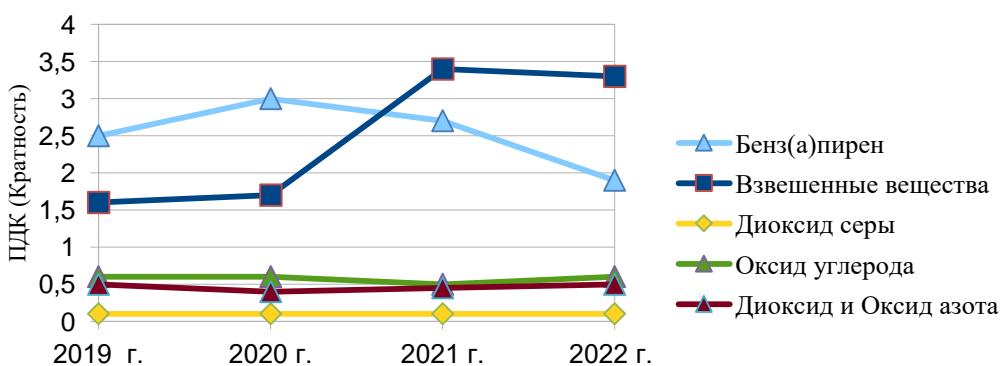


Рисунок 1 – Показатели загрязнения атмосферы по основным загрязняющим веществам за период с 2019 г. по 2022 г. (Составлено автором по [1])

С учетом ПДК уровень загрязнения воздуха на территории г. Комсомольск-на-Амуре в 2020, 2022 г.г. оценивался как «высокий», в 2021 г. – как «очень высокий» [1].

Основной вклад в суммарные выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников вносят предприятия города по обеспечению электроэнергией, газом и паром (СП "Комсомольская ТЭЦ-2", АО ДГК филиала "Хабаровская генерация"), нефтеперерабатывающей (ООО "РН-Комсомольский НПЗ"), металлургической (ОАО "Амурметалл"), и судостроительной (ПАО "АЗС") промышленностей.

Автомобильный транспорт является также одним из основных источников загрязнения окружающей среды в городах, что оказывает негативное влияние на здоровье человека и окружающую среду. Доля автотранспорта города в выбросах загрязняющих веществ в атмосферу в 2020 г. составила 45% [2]. Наиболее загрязнены основные транспортные магистрали и перекрестки города.

Таким образом можно сделать вывод, что в г. Комсомольск-на-Амуре состояние воздуха оценивается как очень неблагоприятное для здоровья населения. Уровень загрязнения воздуха является критическим, что требует проведения необходимых природоохранных мероприятий для улучшения экологической обстановки. Комсомольск-на-Амуре является одним из самых загрязненных городов края и в 2021 г. был включен в Приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы. С 2022 г. город стал участником Федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Экология» [2].

#### *Список литературы*

1. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Хабаровского края в 2022 году - [Электронный ресурс] // Министерство природных ресурсов Хабаровского края. – Хабаровск, 2023. – Режим доступа: [file:///C:/Users/%D0%9D%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%8F/Desktop/Gosudarstvennyj\\_doklad\\_o\\_sostoyanii\\_i\\_ob\\_ohrane\\_ok\\_1%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/%D0%9D%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%8F/Desktop/Gosudarstvennyj_doklad_o_sostoyanii_i_ob_ohrane_ok_1%20(1).pdf).
2. Ежегодник. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2021 год - [Электронный ресурс]. – Санкт-Петербург, 2022. – Режим доступа: [http://voeikovmgo.ru/images/stories/publications/2021/ejegodnik\\_zagr\\_atm\\_2020.pdf](http://voeikovmgo.ru/images/stories/publications/2021/ejegodnik_zagr_atm_2020.pdf).
3. Тюленев, Д. Сохранять и познавать - [Электронный ресурс] // Эколого-публицистический журнал «Просторы Приамурья». – Хабаровск: АНО "Центр поддержки социальных инициатив "Открытый регион", 2022. – Выпуск: июль №2. – Режим доступа: <https://mpr.khabkrai.ru/?menu=getfile&id=11249&view=1>.

---

Жарков Д. М.<sup>1</sup>

#### **ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРЕ ЮГА ПРИМОРСКОГО КРАЯ В МАРТЕ 2024 ГОДА**

<sup>1</sup>Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к. г. н., доцент И.А. Лисина, к.г.н., доцент Л.Н. Василевская

Изучение изменений концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосфере является крайне важным аспектом для экологических наук, особенно в контексте глобальных климатических изменений и возрастающего антропогенного воздействия на окружающую среду. Юг Приморского края, как регион с развитой промышленностью, сельским хозяйством и портовой инфраструктурой, испытывает значительные нагрузки, связанные как с местной деятельностью, так и с трансграничным переносом загрязнителей. Изучение специфики изменения концентраций ЗВ в месячном разрезе позволяет оценить текущее состояние атмосферного воздуха, выявить основные источники загрязнения и принять

соответствующие меры по минимизации негативного влияния на окружающую среду и здоровье населения.

Целью данной работы являлся анализ изменения концентрации ЗВ в атмосфере в марте 2024 года на примере юга Приморского края. В рамках исследования предполагалось выявление основных источников загрязнения, определение динамики концентраций важнейших ЗВ. Исследование предусматривает применение данных мониторинга качества атмосферного воздуха, анализ статистической информации и применение современных методов исследования для оценки состояния атмосферы и предложения эффективных мер по улучшению экологической ситуации.

В качестве исходных данных приняты концентрации:  $\text{SO}_2$  (диоксид серы или сернистый газ),  $\text{NO}_2$  (диоксид азота),  $\text{CO}$  (оксид углерода (II) или угарный газ),  $\text{PM}_{2.5}$  (мелкодисперсная пыль и аэрозоль размером от 10 мкм до 2,5 мкм) и  $\text{PM}_{10}$  (взвешенные крупные твердые или жидкие частицы диаметром 10 мкм и менее), данные взяты за утренние (10:00) и вечерние часы (19:00) по местному времени. В таблицах и графиках они соответственно подписаны «У» и «В» в рамках дня. Все данные измерений были взяты из открытого информационного ресурса [1].

Исследуя графики, построенные по полученным данным, можно выделить дни, когда наблюдалась повышенная концентрация ЗВ и объясняется это состоянием атмосферы в эти периоды. В качестве примера рассмотрена динамика содержания угарного газа ( $\text{CO}$ ) в атмосфере в наблюдаемые дни (рис. 1). Заметна его вариация и наибольшая концентрация в исследуемых населенных пунктах с 11 по 17 марта, которая совпадает с усилением циклонической деятельности и, следовательно, сильной облачностью (рис. 2а), являющейся одним из факторов сохранения и накопления ЗВ. По данным радиозондирования на станции «Сад-город» города Владивостока [3], наблюдается приземная инверсия мощностью около 1000 м и глубиной 3,3°C. Такие условия наиболее благоприятны для накопления поллютантов в приземном слое. В утренние часы 12 марта (рис. 2б) дул юго-западный ветер и холодный вторичный фронт сместился на северо-восток, облачность начала рассеиваться. Тыловая часть циклона (центр которого находился над о. Сахалин) располагалась над южной частью Приморского края. Благодаря этому концентрация ЗВ начала снижаться на юго-западе и незначительно подниматься на северо-востоке рассматриваемой территории. И к вечеру 12 марта (рис. 1б), количество поллютантов значительно снизилось.

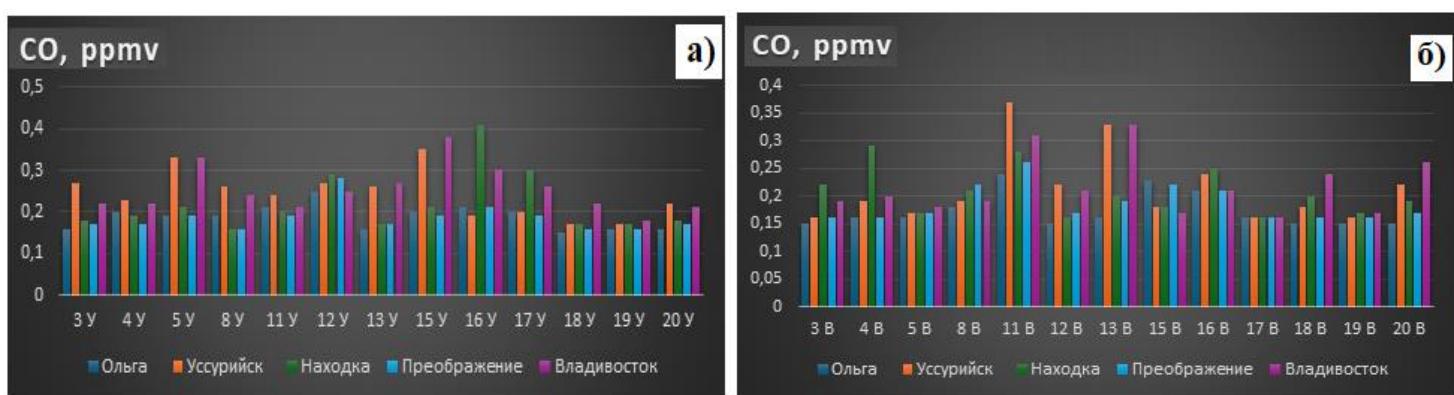


Рисунок 1 – Содержание  $\text{CO}$  в атмосфере в утренние (а) и вечерние (б) часы

Для анализа состояния атмосферы в исследуемые промежутки времени используются данные с сайта Корейской Метеорологической Администрации [4] и данные с сайта Гидрометцентра России [2].

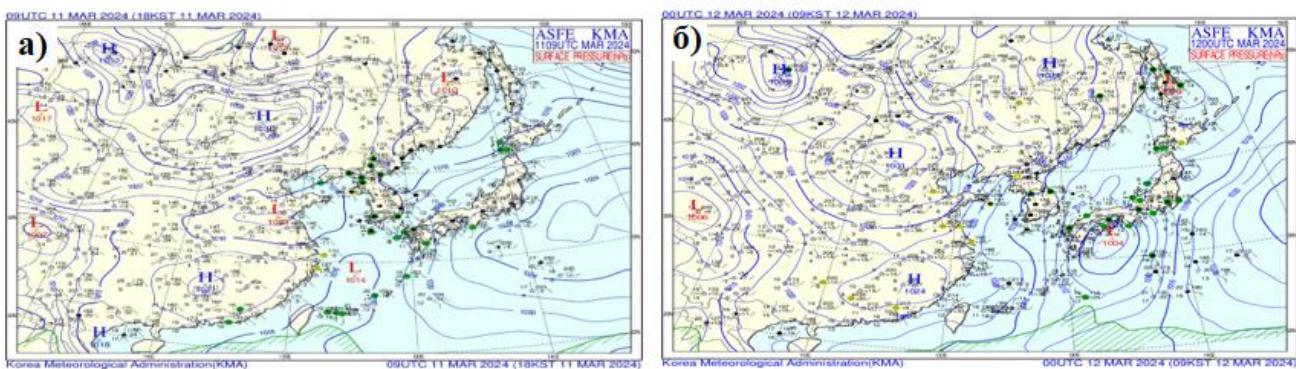


Рисунок 2 – Состояние атмосферы над исследуемым регионом 11.03.2024 в 19:00 по местному времени (а), 12.03.2024 в 10:00 по местному времени (б)

### Список литературы

1. Глобальная карта ветров, погодных условий и морских течений – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://earth.nullschool.net/> (дата обращения: 31.03.2024).
2. Синоптические карты – [Электронный ресурс] // Гидрометцентр России – Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/mapsynop> (дата обращения: 31.03.2024).
3. Atmospheric Soundings – [Электронный ресурс] // University of Wyoming – Режим доступа: <http://www.weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> (дата обращения: 03.04.2024).
4. Korea Meteorological Administration (KMA) – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.weather.go.kr/eng/weather/images/analysischart.jsp?type=M&data=sfc3&dtm=0> (дата обращения: 31.03.2024).

Малицкий С. И.<sup>1</sup>

## ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПРИМОРСКОЙ ЗОНЫ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

<sup>1</sup>Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

Научный руководитель - к.г.н., доцент Глушко А. А.

Приморское и приокеаническое географическое положение – конкурентное преимущество для развития территории. Такое местоположение обуславливает возможность развития многих отраслей морской экономики: транспорт, портовое хозяйство, добыча и переработка природных ресурсов (биологических, минеральных), марикультура, судостроение и судоремонт.

Дальневосточные территории России в современной geopolитической обстановке могут рассматриваться как одни из наиболее перспективных для развития и международного сотрудничества. Самым населенным и экономически развитым субъектом ДФО является Приморский край, он занимает первое место в округе по показателям ВРП и притоку инвестиций. При этом регион обладает протяженной береговой линией, относительно развитыми морехозяйственным комплексом и инфраструктурой. Приморье обладает потенциально выгодным ЭГП. Край располагается в относительной близости к странам АТР с крупными рынками городских агломераций и портово-промышленных комплексов (ППК). Представляется, что приморская зона (ПЗ) региона особо привлекательна для приоритетного развития. Под ПЗ понимаются муниципальные образования (районы, округа, городские округа), имеющие выход к морской береговой линии.

Общая площадь ПЗ Приморского края – 61,7 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет 37,2 % от всего региона. Природные и социально-экономические различия позволяют выделить в пределах ПЗ Приморского

края две подзоны – южную и северную. Первая состоит из 8 муниципальных образований: 4 муниципальных района (Хасанский, Надеждинский, Шкотовский, Партизанский), 3 городских округа (Владивостокский, Артемовский, Находкинский) и 2 ЗАТО (Большой Камень, Фокино) и занимает площадь 13943 км<sup>2</sup> или 22,6 % от площади ПЗ. Во вторую входят 5 муниципальных образований: 4 муниципальных округа (Тернейский, Кавалеровский, Ольгинский, Лазовский), 1 городской округ (Дальнегорский). Она занимает 47,7 тыс. км<sup>2</sup> или 77,4 % от площади ПЗ. [1]

Важнейший фактор развития любой территории – население. Общая численность населения ПЗ на 2021 год – 1170 тыс. чел., что составляет 60,7 % населения Приморского края. При этом наблюдаются диспропорции: 1 076 тыс. человек или 92 % населения ПЗ сосредоточено в её южной части. Отмечаются пространственные различия в расселении и показателях плотности размещения населения. Средний показатель плотности населения по ПЗ – 19 чел./км<sup>2</sup>, что выше, чем в Приморском крае (11,6 чел./км<sup>2</sup>). Максимальные показатели плотности населения – у городов: Владивосток (1121,2 чел./км<sup>2</sup>), Находка (932,3 чел./км<sup>2</sup>) и Артем (391,4 чел./км<sup>2</sup>). Самые малонаселенные – Лазовский (2,7 чел./км<sup>2</sup>), Тернейский (1,4 чел./км<sup>2</sup>) и Ольгинский (0,4 чел./км<sup>2</sup>) муниципальные округа.

Демографическая ситуация в приморской зоне характеризуется убылью населения. В южной части ПЗ коэффициент убыли населения составляет минус 6,4%, в то время как в северной части ситуация существенно хуже – минус 14,8% [1]. Одна из причин данной ситуации – превышение показателя смертности над рождаемостью, а также миграции населения.

Средний показатель миграционного прироста для ПЗ составляет 25,5/10 000 чел. населения, что значительно превышает средний показатель по Приморскому краю (-2/10 000 чел.). Наблюдаются значительные различия между южной и северной частями ПЗ (33,6/10 000 чел. против -66/10 000 чел.). Лучшие показатели у Надеждинского (252,3/10 000 чел.) и Партизанского (86,1/10 000 чел.) МР, а также у Владивостока (61,8).

Основная форма расселения – городская. Уровень урбанизации составляет 86 %, что выше, чем по Приморскому краю (77,5 %). В городских округах показатели урбанизации имеют самые высокие значения: от 85% (Дальнегорский ГО) до 100% (ЗАТО Фокино). В Надеждинском и Партизанском муниципальных районах городские поселения отсутствуют. Для Ольгинского муниципального округа отмечен минимальный показатель 38,7 %.

Для анализа экономической ситуации в муниципальных образованиях был использован показатель объема отгруженных товаров и услуг. Его величина на 2022 год составила 878,9 млрд. руб., что составляет около 80 % ВРП Приморского края. По уровню социально-экономического развития наблюдаются существенные различия. Основной вклад в формирование экономики вносят Владивосток (535,5 млрд. руб. или 61 % от ПЗ), Находка (153 млрд. руб. или 17,4 % от ПЗ), Большой Камень (65,8 млрд. руб. или 7,5 % от ПЗ). Что составляет более 90% экономики рассматриваемой территории. В городах сосредоточены предприятия отраслей хозяйственной специализации Приморья: транспортные и машиностроения. Так, например, во Владивостоке и Находке расположены крупнейшие ППК Тихоокеанской России, в Большом Камне расположен судостроительный комплекс «Звезда» - высокотехнологичный завод, специализирующийся на постройке многих типов судов, а также на ремонте атомных подводных лодок.

Показателям уровня и качества жизни населения также присуща пространственная дифференциация. Для анализа различий был использован показатель объема отгруженных товаров и услуг, рассчитанного на душу населения. Средний показатель составил 750 тыс. руб., что выше, чем по Приморскому краю в целом (583 тыс. руб.). Среди приморских территорий высокие значения показателя отмечены для Большого Камня (1668 тыс. руб.), Лазовского (1181 тыс. руб.) и Тернейского (1086 тыс. руб.) муниципальных округов. Наименьшие показатели у Партизанского (32,9 тыс. руб.),

Кавалеровского (49,4 тыс. руб.) и Ольгинского (114,7 тыс. руб.) округов. Такая ситуация обусловлена малой численностью населения [1].

Важным показателем качества жизни является размер заработной платы. Средняя заработка плата в целом для приморской зоны составила в 2021 г. 65,9 тыс. рублей, что значительно превышает среднее значение по Приморскому краю (47,2 тыс. руб.). В южных районах средняя заработка выше (69,8 тыс. руб.), чем в северных (58,8 тыс. руб.). В южной подзоне сосредоточены основные производственные мощности высокотехнологичных предприятий, использующих квалифицированный труд, а также сфера услуг.

Наиболее активно процессы социально-экономического развития протекают в южной подзоне приморской зоны. Здесь сосредоточены основная часть населения и социально-экономические центры, отмечаются максимальные показатели экономической деятельности, высокие темпы строительства нового жилья, относительно высокая заработка плата. Созданы условия для притока инвестиций (режимы ТОР, СПВ).

#### *Список литературы*

1. База данных показателей муниципальной статистики. Приморский край -[Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/munst.htm>.

---

Потапов Л.О.<sup>1</sup>

## **ВЛИЯНИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА МИКРОКЛИМАТ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ**

<sup>1</sup>Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к.г.н., доцент И. А. Лисина

Изучение влияния городской среды на микроклимат стало актуальной проблемой, обусловленной стремительным развитием городов и изменяющимися климатическими условиями. Городское строительство, автотранспорт, индустриализация, а также изменения в ландшафте и растительности приводят к формированию особого микроклимата в городских условиях, отличного от природного. Этот процесс оказывает серьезное воздействие на жизнедеятельность людей, а также на экосистему в целом.

В современной науке активно обсуждаются методы смягчения негативного воздействия инфраструктуры урбанизированных территорий на микроклимат и разработка инновационных подходов к созданию более благоприятной городской среды.

Тема влияния городской среды на микроклимат важна по нескольким причинам: здоровье и комфорт горожан; экологическая устойчивость; устойчивое развитие; эффективное городское планирование [1].

Для наглядности различия в микроклиматах городских и сельских территорий приведены в таблице 1. Пониженный на 15–20% уровень радиации может влиять на освещенность и тепловой режим. С другой стороны, из-за меньшего уровня общей радиации снижается и риск таких заболеваний, как рак кожи. Особенно низкое ультрафиолетовое излучение зимой (на 30% ниже по сравнению с сельской местностью) может повысить риск дефицита витамина D у городских жителей. Температура воздуха в среднем в городе выше, что связано со значительной застройкой и асфальтированными поверхностями, поглощающими и удерживающими тепло. Сниженная скорость ветра на 20–30%

приводит к уменьшению естественного воздушного обмена. Зимой и летом в городе чаще встречаются туманы, что влияет на видимость и безопасность транспортного движения.

Различия в климатических характеристиках между городом и сельской местностью в средних широтах весьма существенны и могут оказывать влияние на уровень комфорта, здоровья и безопасности жителей города. Комплексное планирование городской застройки и развития, с учетом этих факторов, является важным для обеспечения благоприятных условий проживания и сохранения экологического баланса.

В качестве объекта в данном исследовании рассмотрен микроклимат кампуса ДВФУ, расположенного на побережье бухты Аякс о. Русский и относящегося административно к г. Владивостоку. На первом этапе были оценены климатические параметры: направление и скорость ветра в различные сезоны года, температура и влажность воздуха. На рисунке 1 приведены розы ветров зимнего и летнего сезонов относительно расположения жилых и учебных корпусов. Ветровой режим г. Владивостока определяется муссонной циркуляцией, выраженной в преобладании северо-северо-западного (С–С3) направления в холодное полугодие и юго-восточного–южного (ЮВ–Ю) – в теплое [3].

Исходя из этого и расположения жилых корпусов кампуса ДВФУ можно сделать вывод, что зимой северные корпуса кампуса ДВФУ (а именно все корпуса Малого Аякс, Корпуса 6–7) наиболее подвержены ветровой нагрузке с северной стороны. Поэтому, в зимний период комфортнее для проживания именно южные корпуса Кампуса ДВФУ.

Таблица 1

Различия климатических показателей в крупных городах и прилегающей сельской местности в средних широтах [2]

Метеорологические факторы	В городе, по сравнению с сельской местностью
Радиация общая	на 15 - 20% ниже
Ультрафиолетовое излучение зимой	на 30% ниже
Ультрафиолетовое излучение летом	на 5% ниже
Продолжительность солнечного сияния	на 5 - 15% ниже
Температура среднегодовая	на 0,5 - 1,0° С выше
средняя зимняя	на 1 - 2° С выше
Продолжительность отопительного сезона	на 10% меньше
Количество ядер конденсации и частицы	в 10 раз больше
газовых примесей	в 5 - 25 раз больше
Скорость ветра среднегодовая	на 20 - 30% ниже
штормовая	на 10 - 20% ниже
штили	на 5 - 20% чаще
Осадки суммарные	на 5 - 10% больше
в виде снега	на 5% меньше
Число дней с осадками меньше 5 мм	на 10% больше
Количество облаков	на 5 - 10% больше
Повторяемость туманов зимой	на 100% больше
летом	на 30% больше
Относительная влажность зимой	на 2% меньше
летом	на 8% меньше
иногда	на 11 - 20% меньше
Грозы (частота)	в 1,5 - 2 раза меньше

В летний период из-за юго-восточного направления ветра (в основном это влажные воздушные массы) наиболее подвержены ветровым нагрузкам южные корпуса (9–11 корпуса). Это сказывается, например, на общей влажности внутри корпусов.

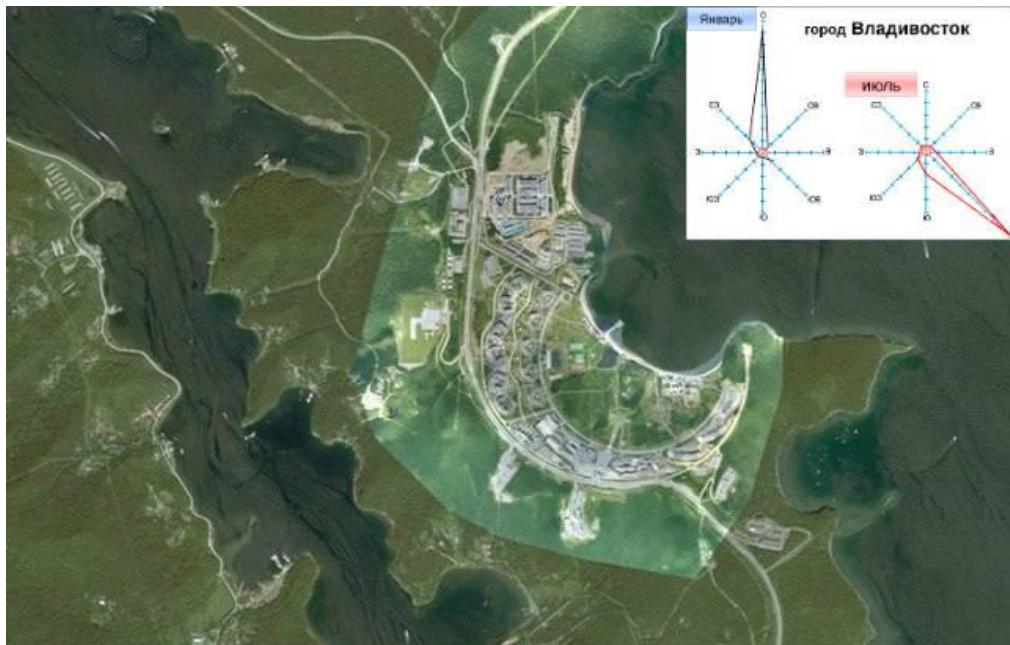


Рисунок 1 – Розы ветров зимнего и летнего сезонов относительно расположения жилых и учебных корпусов кампуса ДВФУ

Наибольшее значение парциального давления водяного пара отмечается в августе (19,6 гПа). Это обусловлено влиянием юго-восточного воздушного потока, несущего очень влажные теплые воздушные массы. Если влажность воздуха в 13 ч достигает 80% и более, то день считается влажным. В среднем за год во Владивостоке бывает 109 влажных дней. Более половины таких дней приходится на летние месяцы [3].

Также летом из-за преобладания южных и юго-восточных направлений отмечаются микроклиматические различия. Например, между бухтой Тихой и западной частью бухты Патрокл отличие составляет 2,3 °С, естественно в масштабе кампуса ДВФУ различия между северными и южными корпусами будет меньшее, однако оно будет иметь место [3].

Зимой господствуют ветры северных и северо-западных направлений. Поэтому между районами расположения южных и северных корпусов кампуса ДВФУ характерны различия в температурном фоне. Отличие может составлять до 1,5°C [3].

Изучение микроклимата кампуса ДВФУ выполняется путем инструментального измерения метеорологических параметров в выбранных реперных точках и по окончании весеннего периода наблюдённые данные будут подробно проанализированы.

#### *Список литературы*

1. Матвеев Л.Т. Влияние большого города на метеорологический режим // Известия РАН. Серия географическая. – 2007. – №4. – С.97–102.
2. Микроклимат городской среды - [Электронный ресурс] // Экологическая литература. — Режим доступа: <https://portaleco.ru/ekologija-goroda/mikroklimat-gorodskoj-sredy.html>.
3. Свинухов Г.В. Климат Владивостока / Г.В. Свинухов. — Ленинград: Гидрометеоиздат, 1983. – 248 с.
4. Небо над Благовещенском окрасилось в желтый цвет - [Электронный ресурс] // Рамблер.новости. – Режим доступа: [https://news.rambler.ru/moscow\\_city/52508287-nebo-nad-blagoveschenskom-okrasilos-v-zheltyy-tsvet/](https://news.rambler.ru/moscow_city/52508287-nebo-nad-blagoveschenskom-okrasilos-v-zheltyy-tsvet/) (дата обращения: 28.09.2024).

Скопина А. С.<sup>1</sup>

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВНУТРИГОДОВОГО ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЕЙ ВОДЫ В СТВОРЕ Р. РАЗДОЛЬНАЯ - Г. УССУРИЙСК

<sup>1</sup>Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

Научный руководитель - к.г.н. И.А. Лисина

Приморский край расположен на восточной окраине материка и находится под влиянием муссонной циркуляции атмосферы. Вследствие чего в теплое время года на территории Приморья, в частности на юге региона, наблюдается активная циклоническая деятельность, приходящая с тропических широт.

В августе 2023 года в Приморье выпало аномальное количество атмосферных осадков в ходе прохождения нескольких циклонов над территорией региона, в результате чего крупные реки, Раздольная, Уссури, Партизанская и др., значительно вышли за уровень своей поймы и в регионе наблюдалось самое сильное наводнение за последние 8 лет, что привело к серьезным последствиям для Приморья.

Для проектирования мероприятий по адаптации населения и отраслей экономики к последствиям изменения климата, в частности прогноза наводнений, необходимо иметь представление о внутригодовом изменении уровня и причинах его колебаний. Целью данного исследования была сравнительная характеристика высокого паводочного стока пяти лет (2019–2023 гг.) за период июнь–сентябрь для шести рек Приморского края.

В качестве примера на рисунке 1 приведены среднемесячные значения уровней воды для створа р. Раздольная – г. Уссурийск.

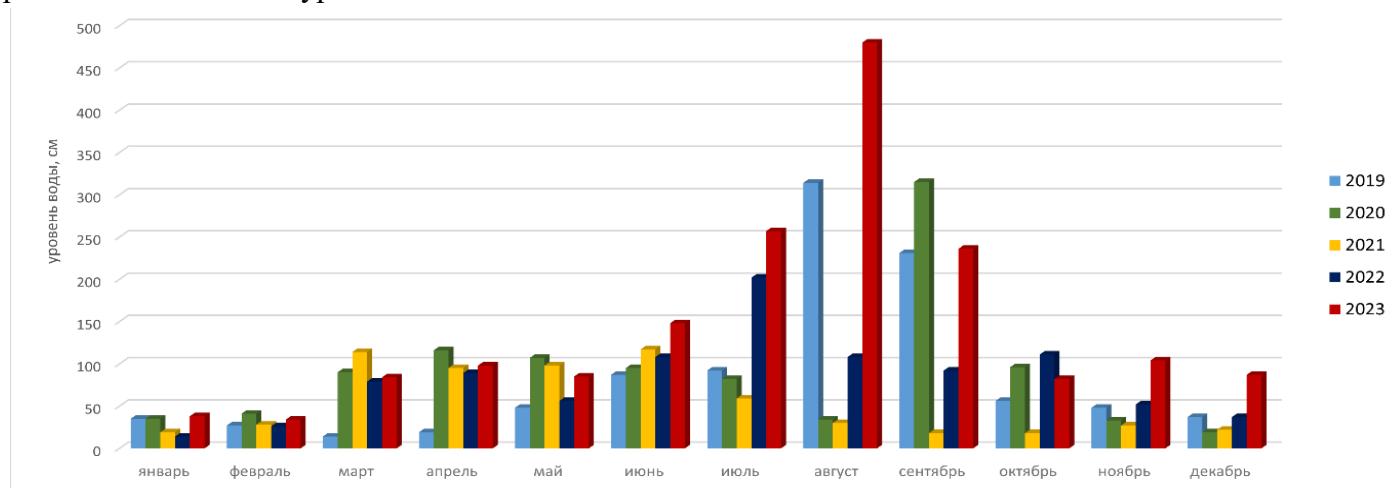


Рисунок 1 - Среднемесячные значения уровней воды р. Раздольная – г. Уссурийск за 2019–2023 гг. [1]

Исходя из полученной гистограммы, можно отметить значительное превышение среднего значения уровня воды в августе 2023 года (480 см) над другими показателями, что говорит об исключительности сложившейся ситуации на р. Раздольной в этот период.

Анализ паводковой ситуации за теплый период с 1 июня по 15 сентября двух смежных лет (2022 и 2023 гг.) показывает, что в 2023 году количество случаев достижения уровня опасного явления, значительно превышает показатель 2022 года (рис. 2). Выпадение аномального количества атмосферных осадков привело к значительному повышению уровня воды в р. Раздольной, максимальное значение которого наблюдалось 12.08.2023 (1085 см), что привело к разрушительным наводнениям в районе города Уссурийск.



Рисунок 2 – Уровни воды и количество атмосферных осадков [1]

Для определения причин экстремальности паводка для анализа были привлечены данные о влажности почвы за весенний период 2022 и 2023 года в районе г. Уссурийска. Эти показатели варьировали от 43,7 до 29% на глубине 20 см, и почва в среднем характеризовалась как хорошо увлажнённая (2023 г.). Весной 2022 года влажность почвы не превышала 23% на той же глубине. Степень увлажненности почвы к периоду выпадения первых обильных осадков, сформировавших паводок в июне 2023 г. была достаточно высокой, в отличие от 2022 года, когда почва имела слабое увлажнение. В итоге можно предположить, что сложившаяся ситуация могла также повлиять на значительное повышение уровня воды в реке, поскольку при повышенной влажности почвы процесс инфильтрации интенсивных осадков практически прекращается и увеличивается склоновый сток.

Таким образом, в результате сравнительного анализа изменений уровней воды в р. Раздольной с 01.06 по 15.09 в 2022–2023 гг., в ходе которого были рассмотрены такие факторы, как синоптическая ситуация и особенности подстилающей поверхности в рассматриваемый период, можно сделать вывод о том, что существенное влияние на значительный рост уровня воды в реке в 2023 году оказало аномальное количество выпавших атмосферных осадков, а также предшествующее весеннее увлажнение водосборного бассейна реки.

#### Список литературы

- Геоинформационный портал Дальневосточного региона РФ - [Электронный ресурс] // ФГБУ «Дальневосточное УГМС». – Режим доступа: [https://meteo-dv.ru/hydro\\_dfo/](https://meteo-dv.ru/hydro_dfo/)

Таратутина С.Р.<sup>1</sup>

## СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛЯЖА В БУХТЕ БОЙСМАНА

<sup>1</sup>Департамент наук о земле ИМО ДВФУ

Научный руководитель – ассистент Д.И. Волкова

Бухта Бойсмана представляет собой плавную вогнутость берега, ограниченную мысами. Между ними располагается широкий пляж, который в юго-западной части примыкает к низкой аллювиально-морской террасе, являющейся долиной сравнительно крупной реки Рязановка [1], а в центральной части пляж имеет полный профиль равновесия (двусклонный), т.к. в его тылу расположен водоем.

Пляж является относительно большим, его длина составляет около 4600 м, а средняя ширина – 116 м. Также он является излюбленным местом для отдыха в купальный сезон - платный и благоустроенный.

В течение трёх сезонов (осень 2021 г., весна 2022 г., осень 2022 г.) на пляже в бухте Бойсмана проводился мониторинг, в работы входило: нивелирование, сбор материала для дальнейшего определения гранулометрического состава наносов, фотофиксация с помощью БПЛА.

Результатом обработки полученных данных стало создание поперечных профилей пляжа, отражающих его состояние в различные сезоны. Наибольшие изменения наблюдаются при сравнении профилей нивелирного створа БО12 (рисунок 1, сверху).

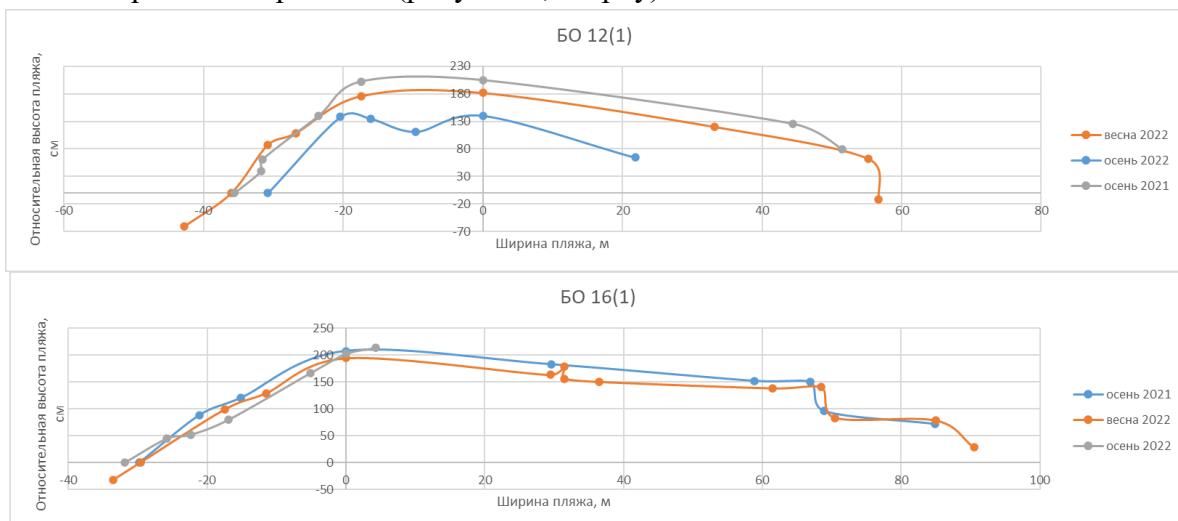


Рисунок 1 – поперечные профили пляжа в бухте Бойсмана: (сверху – БО 12(1), справа – БО 16(1))

На графике видно, что в период осень 2021 – весна 2022, изменения были незначительны и, в основном, затрагивали наиболее активную часть пляжа – зону заплеска. Фронтальная часть стала более пологая. Значение максимальной высоты снизилось: осень 2021 г. – 203 см, весна 2022 г. – 176 см. Тем не менее, профили имеют несколько точек пересечения и общность тенденции строения. От уреза до наивысшей точки (которая дислоцируется на расстоянии 17,4 м) наблюдается довольно крутой уклон фронтальной части пляжа ( $\approx 42^\circ$ ), с дальнейшим плавным снижением высоты к внутреннему водоему в его тылу.

В период с весны по осень 2022 г. пляж преобразовался значительно на всём протяжении. Фронтальная часть стала более крутой ( $\approx 45^\circ$ ) и сглаженной. Высота всего профиля понизилась, а максимальная уменьшилась на 35,4 см (140,6 см). В отличие от рассмотренных ранее профилей, на данном присутствуют две точки, высоты которых незначительно отличаются – 140,6 см и 138,4 см, после каждой из которых следует понижение.

Наименее динамичен пляж был на протяжении нивелирного хода БО16 (рисунок 1, снизу). В течение 1,5 лет форма поперечного сечения практически не изменилась. От нуля до точки максимума

под углом  $\approx 29^\circ$  простирается фронтальная часть пляжа с незначительным понижением после берегового вала. От наивысшей точки ( $H_{cp}=197,4$  см) до конца профилей осени 2021 г. и весны 2022 г. происходит плавное уменьшение высоты с наличием перегиба, который дислоцируется на расстоянии 67,7 см.

По результатам гранулометрического анализа проб, взятых по нивелирному ходу, были получены данные по медианному диаметру ( $Md$ ) и коэффициенту сортировки ( $S$ ).

Для нивелирного хода БО12 характерны средние значения  $Md = 0,3$  мм и  $S=3,6$  – весна 2022 г.,  $Md = 0,5$  мм и  $S=4$  – осень 2022 г., что свидетельствует о сохранении плохой сортировки механического состава наносов.

На протяжении створа преобладающей является фракция песка среднего размера – 0,25 мм (49% – весна, 34% - осень). Тем не менее, для осени 2022 г. характерно укрупнение господствующей фракции в приурезовой зоне – крупный песок (1 мм). Стоит отметить, что в понижении рельефа осенью 2022 г. преобладает фракция гравия. Это говорит о том, что в летний период здесь были сильные нагонные волны.

Створу БО16 соответствуют средние значения  $Md = 0,4$  мм и  $S = 2,5$  – весна 2022 г.,  $Md = 0,2$  мм и  $S = 7$  – осень 2022 г., что указывает на значительное ухудшение процесса сортировки механического состава наносов.

В оба сезона на протяжении нивелирного хода преобладает фракция песка среднего размера (57% - весна, 32% - осень). Также осенью 2022 г. в приурезовой зоне господствует фракция крупного песка (1 мм).

Подытоживая проделанную работу, можно отметить, что в целом пляж является стабильным. Нивелирные профили имеют похожие очертания с близкими значениями. Наиболее активно себя показывают лишь участки с внутренними водотоками в тылу, как в рассмотренном профиле БО12 (рисунок 2). Профили, за которыми расположен замкнутый водоем практически не изменяются.



Рисунок 2 – Снимки нивелирного хода БО 12:  
а – ноябрь 2021 г., б – апрель 2022 г. (БПЛА), в – октябрь 2022 г. (Google Earth).

Для пляжа характерно преобладание фракции среднего песка, количественный показатель которой снизился в общей массе проб, и сохранение или ухудшение сортировки наносов.

#### Список литературы

1. Бровко П.Ф., Волкова Д.И., Пляжи Хасанского района как рекреационный ресурс // Геосистемы Северо-Восточной Азии: географические факторы динамики и развития их структур: Сборник научных статей Десятой научно-практической конференции. Владивосток, 2022. С. 212-218.

## Раздел III ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ГИС

Архипова Д.А.

### АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ОПОРНОЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ ПРИМОРСКОГО УГМС

Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к.г.н., доцент И.А. Лисина

Гидрометеорологические прогнозы, мероприятия по адаптации к изменениям климата и т.п. опираются на базы данных, которые в свою очередь пополняются благодаря стационарной сети, являющейся единственным источником инструментальных измерений. От качества исходных данных зависят не только гидрологические и водохозяйственные расчеты, но и точность прогнозов опасных гидрологических явлений.

Ключевой целью исследования являлась оценка пространственно-временного охвата стационарными наблюдениями территории Приморского края.

Наблюдательная сеть предназначена для мониторинга гидрологической обстановки, и является основой деятельности службы гидрологических прогнозов и выпуска режимно-справочных материалов. По состоянию на 01.04.2024 г., согласно данным, предоставленным начальником отдела гидрологических и речных прогнозов, гидрологическая сеть ФГБУ «Приморское УГМС» включает в себя гидрологические станции (6 станций) и гидрологические посты (81 пост: 78 речных и 3 озерных), которые расположены на основных паводкоопасных реках Приморского края.

Первый гидрологический пост в Приморском крае был открыт 13.01.1896 г. на реке Уссури у с. Графское, и далее до 1930-х годов было открыто 23% постов относительно всей действующей гидрологической сети; до 1940 г. – 27%; до 1950 г. – 14%; до 1960 г. – 16 %; до 1970 г. – 9 %; после 1970 г. - 11% (рис.1).

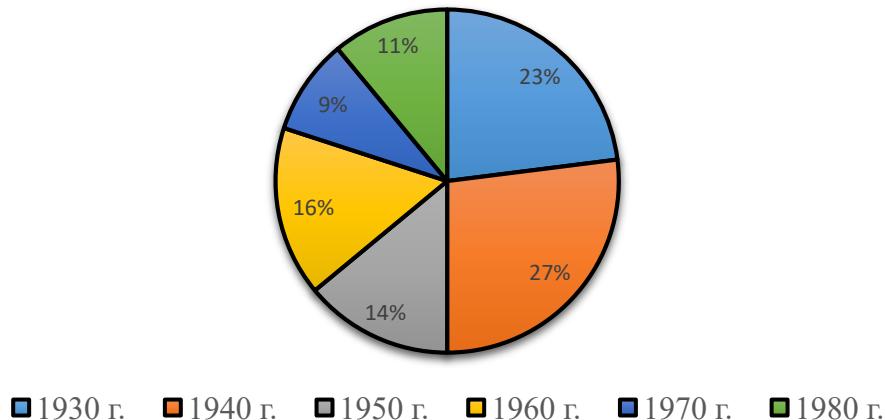


Рисунок 1 – Количество гидрологических постов, открытых в отдельные периоды, относительно их общего количества

Анализируя представленную диаграмму, можно заключить, что наиболее интенсивное оснащение рек наблюдательными гидрологическими подразделениями пришлось на 1930-1940 годы, далее до 1970 года шло постепенное их внедрение с дооснащением ранее установленных постов, и после 1970 года развитие гидрологической сети было незначительным.

На всех постах ведутся наблюдения за уровнем воды и состоянием водного объекта, на 43 пунктах производят измерения температуры воды, на 39 - толщины льда, на 51 - измерения расходов воды. Кроме гидрологических наблюдений на 47 постах ведутся метеорологические наблюдения за температурой воздуха и атмосферными осадками.

С 2010 года гидрологическая сеть Приморского УГМС встала на путь модернизации и оптимизации наблюдений, началась установка автоматических гидрологических комплексов (АГК), которая продолжалась до 2020 года. В настоящее время в составе информационной наблюдательной сети 57 гидрологических постов оснащены автоматическими гидрологическими комплексами, из которых: 39 автономных постов без наблюдателя, на 18 постах ведутся параллельные наблюдения (АГК+наблюдатель) и 3 поста автономные частично (в теплое время года работает только АГК, в холодное дополнительно - наблюдатель), выполняют измерения и передачу информации с дискретностью 1 час. Данные об уровнях воды, поступающих с АГК в режиме реального времени, позволяют увеличить заблаговременность и точность прогнозов и штормовых предупреждений во время угрозы формирования наводнений.

В составе АГК на 36 гидрологических постах установлены осадкомерные комплексы (для измерения жидких атмосферных осадков), на 31 посту фоторегистраторы (для мониторинга состояния водных объектов: ледовые явления, разливы рек), на 21 посту – датчики температуры воды.

На базе гидрологических станций и управления Приморского УГМС ведут работу пять мобильных гидрологических лабораторий (МГЛ), которые оснащены современным топографо-геодезическим оборудованием и профилографами для измерения расходов воды. МГЛ обеспечивают оперативные гидрологические наблюдения в местах, где отсутствуют специально оборудованные гидростворы и постоянные штатные наблюдатели, а также на постах в период высоких дождевых паводков.

Эксплуатация гидрологических постов, это достаточно затратное мероприятие: и технически, и финансово. К сожалению, следует отметить постепенный процесс консервации постов с 2014 года. Так в 2014 году первым был законсервирован гидрологический пост р.Бикин – с.Родниковая, являющийся ТДС (труднодоступной станцией). Далее в период 2016-2022 гг. были законсервированы еще 9 постов. В настоящее время из 81 гидрологического поста, входящего в состав Приморского УГМС, 10 законсервировано, в работе 71 пост. Консервация пока затронула посты в районах наименее подверженных ежегодным паводкам. При этом, следует учитывать, что научно-рекомендованное количество пунктов наблюдений для водных объектов Приморского края – 119 и соответственно дефицит их составляет около 40%. Причины этому следующие: высокая стоимость автоматизированных гидрологических комплексов (АГК стоят более двух миллионов рублей), отсутствие достаточного софинансирования со стороны органов власти Приморского края для поддержки и развития гидрологической сети, отсутствие стабильной связи и населенных пунктов в горных районах, в верховьях рек, где крайне важны наблюдения и где сложно найти наблюдателя.

#### *Список литературы*

1. Сайт Приморского УГМС. – Режим доступа: <https://www.primgidromet.ru/>
2. Сайт GISMETEO. – Режим доступа: <https://www.gismeteo.ru/weather-vladivostok-4877/>

Басков Е. Е.<sup>1</sup>

## ДИНАМИКА КАЧЕСТВА ВОД РЕКИ РАЗДОЛЬНАЯ БАССЕЙНА ЯПОНСКОГО МОРЯ

<sup>1</sup>Департамент наук о Земле, ИМО ДВФУ

<sup>2</sup>ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал

<sup>1,2</sup>Научный руководитель - старший преподаватель Ю.В. Кролевецкая

Река Раздольная берет начало на территории КНР, образуясь слиянием рек Сяосуйфэнхэ и Дасуйфэнхэ, бассейны которых расположены в пределах Восточно-Маньчжурского нагорья и впадает в Амурский залив Японского моря. Общая длина реки – 245 км (от истока р. Сяосуйфэнхэ – 414 км), по территории Приморского края она протекает на протяжении 191 км. Площадь водосбора – 16 830 км<sup>2</sup> (в пределах Приморского края – 6 820 км<sup>2</sup>), общее падение реки – 880 м, средний уклон ее 2,13 % (в пределах Приморского края 0,45 %) [1]. Река относится к категории средних водных объектов.

Река активно используется для бытового и технического водоснабжения. В районе г. Уссурийск в реку и ее притоки р. Комаровка и р. Раковка происходит сброс недостаточно очищенных сточных вод предприятий МУП «Уссурийск-Водоканал», ООО «Водоканал Михайловский», ЗАО «Уссурийский комбинат производственных предприятий» и других. Также, в реку стекает ливневый сток с сельскохозяйственных полей и урбанизированных территорий, в том числе со стороны КНР [2]. На протяжении долгих лет качество воды в реке оценивается как «грязная».

Цель работы состоит в анализе динамики и современного состояния качества вод реки Раздольная бассейна Японского моря.

Для оценки динамики качества вод реки Раздольная использовались данные государственного мониторинга вод [3]. Для анализа использовался класс качества воды.

Классификация степени загрязненности воды предусматривает разделение на следующие интервалы: 1 класс – условно чистая; 2 класс – слабо загрязненная; 3 класс: разряд "а" – загрязненная; разряд "б" – очень загрязненная; 4 класс: разряд "а" – грязная; разряд "б" – грязная; разряд "в" – очень грязная; разряд "г" – очень грязная; 5 класс – экстремально грязная.

Динамика изменений классов качества представлена для 4 гидрохимических створов (таблица 1). На рисунке 1 представлена схема расположения створов в бассейне р. Раздольная. Распределение наиболее распространенных загрязняющих веществ в среднегодовых концентрациях представлено в таблице 2.

Таблица 1

Динамика изменения класса качества воды р. Раздольная (2010–2022)

Пункт, створ	Класс качества воды												
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
с. Новогеоргиевка								4А	4Б	3Б	4А	3Б	4А
г. Уссурийск			4А	4А	4Б	4Б	4А			4А	3Б		4А
г. Уссурийск – 0,5 км ниже сброса ГОС	4В	4В	4В	4А				4А	4Б	4А	3Б	4А	4Б
20 км ниже г. Уссурийск	4В	4В	4В	4А	4Б	4Б	4Б	4А	4А		4А	4А	4А



Рисунок 1 – Схема расположения гидрохимических створов в бассейне р. Раздольная

Таблица 2

Распределение наиболее распространенных загрязняющих веществ (среднегодовые концентрации) в воде р. Раздольная (2010–2022)

Загр. вещ-во	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Железо	16 ПДК	14-17 ПДК	9 ПДК	8-9 ПДК			11-19 ПДК	7-9 ПДК	16 ПДК	2 ПДК	10-12 ПДК	5-7 ПДК	7-9 ПДК
Алюминий		7-10 ПДК	6-10 ПДК	3-4 ПДК			24-28 ПДК	4-5 ПДК	3 ПДК	8 ПДК	3-4 ПДК		7-9 ПДК
Марганец	7-10 ПДК	6-7 ПДК	7-9 ПДК	2-3 ПДК			2-6 ПДК	2-3 ПДК	3 ПДК				13-17 ПДК

Почти за весь исследуемый период реке Раздольной соответствует 4 класс качества воды, что характеризует ее как грязную. Однако с 2013, несмотря на пропуски в данных, наблюдается своеобразная тенденция к улучшению качества вод. Так с 2012 года, ни на одном из створов не был зафиксирован класс качества 4В. Вероятно, повышение качества вод связано с ликвидацией ООО «Приморский сахар», ЗАО УМЖК «Приморская соя» и других предприятий, а также с улучшением системы очистки вод. Ухудшение качества вод в 2022, возможно, связано с перезапуском ЗАО УМЖК «Приморская соя» в 2021.

Основными загрязняющими веществами для реки Раздольной являются железо, алюминий и марганец. В таблице 2 приведены сведения об их среднегодовых концентрациях.

#### Список литературы

1. Река Раздольная [Электронный ресурс] URL: [https://primpogoda.ru/articles/reki\\_primorya/reka\\_razdolnaya](https://primpogoda.ru/articles/reki_primorya/reka_razdolnaya)

2. Семкин, П. Ю. Гипоксия эстуариев трансграничных рек Туманной и Раздольной (Южное Приморье) / П. Ю. Семкин и др. // VII Дружининские чтения: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. – 2018. – С. 274-279

3. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник 2010–2022. Электронная версия

Боброва В.С.

## ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ СТОКА РЕК ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Департамент наук о Земле, ИМО ДВФУ

Научный руководитель - к.г.н., доцент И.А. Лисина

Анализ пространственно-временного распределения и оценка водности Приморских рек, был выполнен в 2001 году и представлен в «Водные ресурсы рек и водообеспеченность Приморского края», по наблюдениям до 1995 года [2]. В связи с этим возникла необходимость в уточнении основных статистических параметров кривых обеспеченности годового стока за более длительный период наблюдений (по 2022 год).

Точность гидрологических и водохозяйственных расчетов определяется, в первую очередь, оценкой исходной информации [1]. Поэтому любое исследование предполагает выбор представительного периода для максимально точной оценки нормы годового стока и анализ синхронности и синфазности стока для расчетов по недостаточно изученным водотокам.

В данной работе использованы данные по 56 гидрологическим пунктам, расположенным на 45 реках с продолжительностью наблюдений от 51 до 98 лет. Для примера выбрано 12 гидрологических пунктов по Приморского края, расположенных в его западной, восточной, южной и центральной частях (деление условное).

Мерой синхронности, синфазности и цикличности приняты разностные интегральные кривые отклонения модульных коэффициентов от единицы (рис 1-3). По кривым выделены периоды различной водности, начало и конец циклов водности, которые были оценены статистически с точки зрения их значимости.

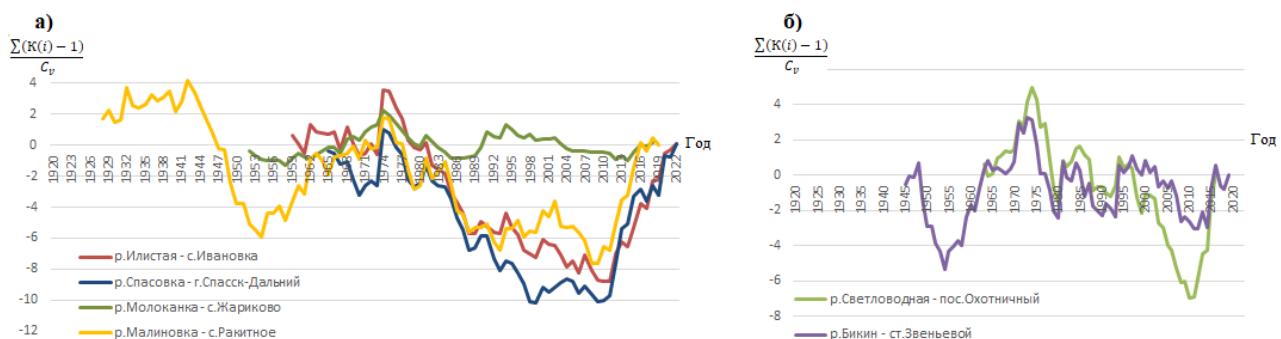


Рисунок 1 – Разностные интегральные кривые отклонения модульных коэффициентов стока от единицы для рек западной (а) и северной (б) части Приморского края

По рис.1а видно, что для трех рек, протекающих в западной части края сток синфазен и более того до 2000 г. синхронен (р.Илистая – с. Ивановка, р.Малиновка – с. Ракитное, р.Спасовка – г. Спасск-Дальний до 2000 г. В эту же картину до 1999 года вписывается и р.Молоканка – пос.Жариково. С 2000 года в бассейне данной реки изменилась антропогенная деятельность, нарушившая естественные ландшафты, поэтому ряд годовых расходов воды по данному створу нуждается в приведении к

естественному режиму. Полный цикл водности можно выделить только по одному створу (р.Малиновка – с.Ракитное), его продолжительность составляет 55 лет (с 1954 г. по 2009г.).

Для рек северной части Приморского края сток в целом за период наблюдений синфазный и в большинстве своем синхронный (рис. 1б). Наиболее длительный период наблюдений на р.Бикин – ст. Звеньевая не позволяет выделить границы цикла водности на этом этапе исследования.

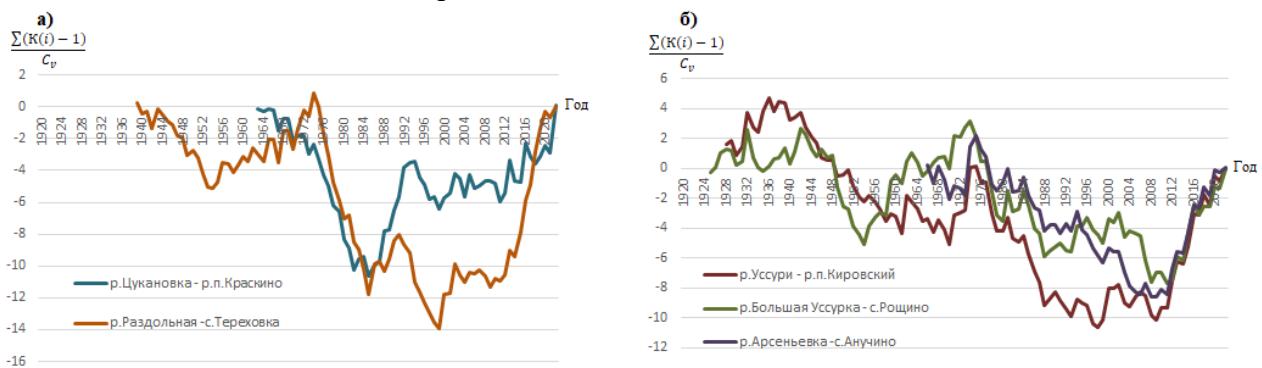


Рисунок 2 – Разностные интегральные кривые отклонения модульных коэффициентов стока от единицы для рек южной (а) и центральной (б) части Приморского края

Реки южной части края также имеют синфазный годовой сток (рис.2а). Полный цикл можно выделить в створе р.Раздольная – с.Тереховка, его продолжительность 48 лет (с 1975 г. по 2022 г.)

Ход стока рек центральной части (рис.2б) в целом синфазен и в отдельные годы даже синхронен. Полный цикл водности прослеживается по створу р.Уссури - пос.Кировский (48 лет) и р.Б.Уссурка – пос.Рощино (57 лет).



Рисунок 3 - Разностные интегральные кривые отклонения модульных коэффициентов стока от единицы для рек восточного побережья Приморского края

Сток рек восточного побережья проходит в одинаковых фазах, при этом выделяются отдельные периоды синхронности. Циклы водности по представленным кривым на данном этапе определить не представляется возможным.

Исследуя многолетние колебания годового стока рек Приморского края с применением рассмотренных выше приемов, пришли к выводу, что сток всех рек имеет маловодную фазу с 1974-75 гг. по 1998 или 2011 гг.; многоводных фаз две: с 1954-55 гг. по 1974-75 гг. и с 1998 г. по 2022 г. (2011-2022 гг.)

#### Список литературы

- Шевелева Л.И., Максименко В.И., Голикова А.Г. Гидрологические расчеты – 2018, Л.: Дальневосточный Федеральный университет. 65 с.
- Бобрик К.П., Лисина И.А. Водные ресурсы и водообеспеченность Приморского края. Владивосток – 2001. Дальневост. ун-т. 140 с.

Бородина А.П.

## ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ АКВАТОРИИ ПЛЯЖА УНИВЕРСИТЕТСКОЙ НАБЕРЕЖНОЙ ДВФУ (БУХТА АЯКС) ЗА 2023-2024 ГГ.

Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

Научный руководитель – Д.М. Огородников

Университетская набережная Дальневосточного федерального университета (ДВФУ) – это, востребованная в течение всего года, часть уникальной ландшафтно-парковой зоны на южном берегу бухты Аякс, построенная к саммиту АТЭС, в 2012 году. Несмотря на то, что бухта Аякс имеет стратегическое значение, а Университетская набережная относится к рекреационной зоне, публикации, посвящённые исследованиям водной и ледовой обстановки вдоль Университетской набережной, практически отсутствуют. Имеющиеся сведения относятся преимущественно к полярным районам или другим бухтам на острове Русский [2]. Исходя из этого, целью данного этапа исследования является качественная и количественная характеристика ледовой обстановки и мониторинг физико-химических характеристик морской воды в акваториях пляжа Университетской набережной ДВФУ и расположенного поблизости каменистого пляжа бухты Аякс.

Мониторинг физико-химических характеристик и наблюдения за ледовой обстановкой проводились в период с ноября 2023 года по апрель 2024 года.

В течение ноября 2023 г. наблюдалось изменение значений pH водной среды в пределах от 7,99 до 8,03. Этот диапазон незначителен, что указывает на относительную постоянство водородного показателя в рассматриваемом периоде. Отмечалось постепенное снижение температуры воды, с 8°C до 4°C, что свидетельствует о постепенном наступлении холодного периода.

Однако, следует обратить внимание, что на каменистом пляже 13 ноября наблюдалось резкое снижение температуры воды до 3°C, после чего она снова начала повышаться. Этот подъем может быть связан с повышением температуры воздуха данной местности.

На рисунке 1 представлена динамика изменения плотности и солености морской воды в течение ноября. Данный графический материал позволяет визуально оценить изменения физико-химических параметров водной среды и их взаимосвязь с другими характеристиками, такими как pH и температура. Дальнейший анализ этих данных может помочь в понимании процессов, происходящих в данной экосистеме, и оценке их влияния на биологические и экологические процессы.

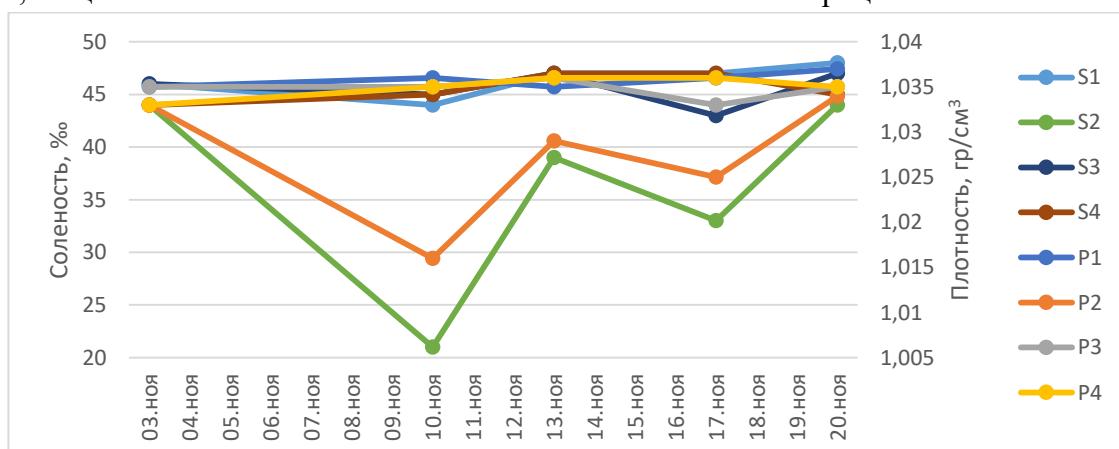


Рисунок 1 – Показатель плотности (Р) и солености (S) воды в бухте Аякс (ноябрь 2023г.).  
Цифры около букв означают номера точек отбора проб

Визуальные наблюдения за формами ледовых образований и ледовыми явлениями проводились с фото и видеофиксацией с 13 декабря 2023 года. В ходе наблюдений были получены следующие результаты:

1) в течение первых трёх дней наблюдений сформировались забереги и начальные формы льда: ледяное сало и снежура [1];

2) припай в акваториях обоих пляжей практически полностью сформировался к началу третьей декады декабря. По большей части он состоял из смёрзшегося битого льда, с участками ниласовых льдов, средней толщиной около 10 см, что соответствует светлому ниласу [1]. Также вдали от береговых линий обоих пляжей, ближе к открытой воде оставалось несколько участков открытой воды, которые полностью затянулись через несколько дней. К концу декабря толщина льда у берега в среднем составляла 36 сантиметров, что, согласно классификации, соответствует белому льду [1];

3) в самом конце декабря произошло таяние льда до состояния ледяной каши в акватории восточного пляжа. Аналогичная ситуация наблюдалась и на пляже Университетской набережной в первых числах января.

В ходе этой работы были отобраны пробы морского льда в кутовой и на прилегающих к пирсу частях пляжа Университетской набережной, после чего определены физико-химические характеристики. Результаты измерений представлены в таблице «Физические и химические характеристики пробы льда».

Таблица

Физические и химические характеристики проб льда

Проба	TDS			Рефрактометр		PH	Температура льда в момент взятия пробы, °C
	Температура °C	Электропроводимость мк/см	Вес растворенного вещества, ppm	Плотность, гр/см³	Соленость, ‰		
Левая часть пирса	26,1	9378	4689	1,012	16	8,6	-2
Правая часть пирса	27,3	2035	2035	1,011	15	8,71	-3,2
Кутовая часть	27,3	1454	7270	1,014	19	8,7	-1,9

Эти наблюдения и измерения позволили существенно обогатить знания и базу данных о процессах ледообразования и его характеристиках в данном прибрежном регионе и получить необходимый практический опыт, который будет применён в дальнейшем мониторинге.

Список литературы

1. Бушуев, А.В. Атлас ледовых образований / А. В. Бушуев, Н. А. Волков, В. С. Лошилов. - Ленинград: Гидрометеоиздат, 1974. - 140 с.
2. Пористость, проницаемость и структура морского льда в бухте Новик (остров Русский) по данным гидрологических измерений, МРТ и КТ / Н.А. Мельниченко, А.В. Тювеев, А.Ю. Лазарюк // Вестник ДВО РАН. – Владивосток: ДВО РАН, 2021. – С. 49-57.

Вихренко С.В.<sup>1</sup>, Костык В.А.<sup>1</sup>, Федоровский А.С.<sup>2</sup>

## ОПЫТ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ВОДОМЕРНОГО ПОСТА Р.ИЗВИЛИНКА

<sup>1</sup>Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

<sup>2</sup>Дальневосточное отделение Российской академии наук

<sup>2</sup>Научный руководитель – д.г.н., профессор А.С. Федоровский

Современные технологии позволяют переводить в цифровой и модельный вид многие отрасли народного хозяйства. В области гидрометеорологии цифровизация создает новые возможности наблюдений и моделирования [1]. В работе представлен опыт создания цифровой модели водомерного поста р. Извилинка, с. Извилинка, Приморский край. Результат работы может быть использован Приморским УГМС для расчетов зон затоплений, корректировки положения поста и др. В работе использованы: ArcGIS, Topcon, Agisoft PhotoScan, тахеометр, эхолот GARMIN ECHOMAP 42 DV, дрон DJI Phantom.

Река Извилинка является притоком р. Уссури, берет свое начало в горах Сихотэ-Алиня. Расположена в Чугуевском муниципальном районе Приморского края. Рельеф бассейна реки горный, состоит из хребтов горной системы Сихотэ-Алиня с высотами до 800 метров. Наиболее высокие вершины: г. Ухано-Дынза – 1605 м. И г. Облачная – 1856 м [2]. Гидрологический режим реки изучается на водомерном посту с. Извилинка. Основное питание реки – дождевое, в отдельные годы сток талых вод составляет 20% от годового объема. Наиболее высокие подъемы уровня воды наблюдаются в августе и сентябре, которые проходят из-за обильных осадков [2]. В теплое время года с апреля по ноябрь объем годового стока достигает 96%, в зимний период – 4%.

В замыкающем створе на посту у с. Извилинка гидрографическая партия Примгидромета в апреле 2021 г. осуществляла топографические, аэрофотосъемочные и гидрологические работы. Обработка полученных данных выполнялась автором по заданию гидрографической партии Примгидромета.

Количество точек, полученных после тахеометрической съемки, составило 229 штук в локальной системе координат, данные были обработаны в ArcGIS. После чего данные с дрона были привязаны к тахеометрическим данным для уточнения привязки снимков. По данным, полученным с эхолота GARMIN ECHOMAP 42 DV, был построен поперечный профиль и рассчитана площадь поперечного сечения. При помощи программы Agisoft PhotoScan были обработаны аэрофотоснимки и получена карта высот, на основе которой был построен ортофотоплан [3].

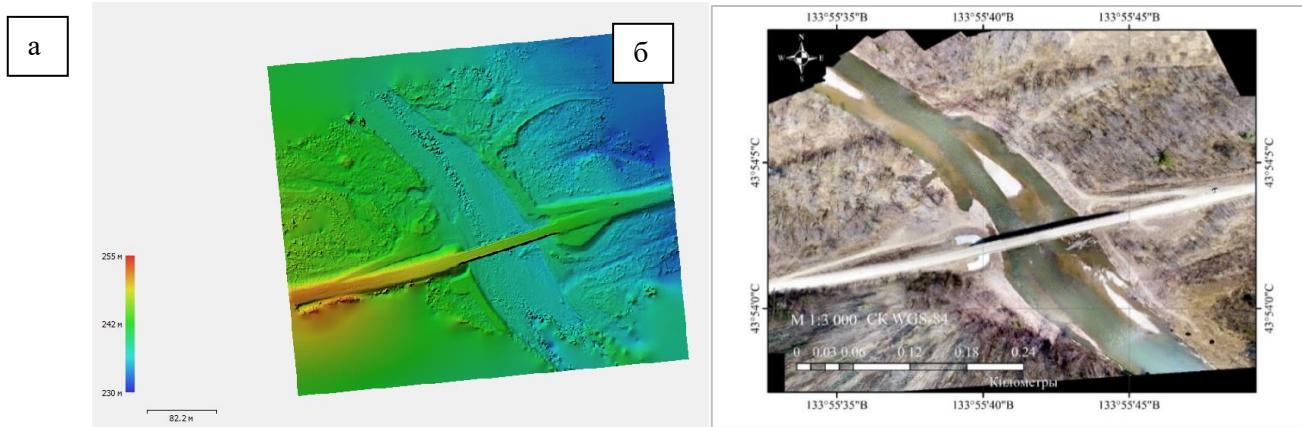


Рисунок 1 – а- Карта высот, б - Ортофотоплан

В результате проделанной работы на основе данных, предоставленных гидрографической партией, было получено: карта высот, ортофотоплан исследуемого района, промеры глубин, площадь

Материалы региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам, Владивосток, 15 – 30 апреля 2024 г.  
поперечного сечения реки. Полученные данные позволяют создать цифровую модель водомерного поста для расчета зон затопления, моделирования и других задач.

### *Список литературы*

1. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – СПб.: Наукомкие технологии, 2022. – 124 с.
2. Примпогода [Электронный ресурс] / Рек. Извилинка, 2022. – Режим доступа: [https://primpogoda.ru/articles/reki\\_primorya/reka\\_izvilinka](https://primpogoda.ru/articles/reki_primorya/reka_izvilinka)
3. Шихов, А. Н. Геоинформационные системы: применение ГИС-технологий при решении гидрологических задач: практикум: учеб. Пособие / А. Н. Шихов, Е. С. Черепанова, А. И. Пономарчук; Перм. Гос. Нац. Исслед. Ун-т. – Пермь, 2014. – 91 с.

---

Гребенкин П.В.<sup>1</sup>

## **ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ВОДНОЙ МАССЫ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИИ ТИХООКЕАНСКОГО ПЛАВУЧЕГО УНИВЕРСИТЕТА В РЕЙСЕ 23/4 НИС «ПРОФЕССОР МУЛЬТАНОВСКИЙ»**

<sup>1</sup>Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

<sup>2</sup>Национальный научный центр морской биологии им. А. В. Жирмунского ДВО РАН

Научный руководитель - к.б.н., Т.Ю. Орлова<sup>2</sup>

Охотское море - высокопродуктивная морская экосистема, имеющая исключительно важное промысловое значение для России. Охотское море обладает сложной структурой водных масс и течений, изучаемых в настоящее время [2].

Целью данной работы являлось проведение анализа данных, полученных в период с 10 августа по 20 сентября 2023 года в ходе экспедиции Тихоокеанского Плавучего университета. В рамках данной экспедиции был выполнен обширный комплекс работ на 93 океанографических станциях. Данные станций непосредственно Охотского моря отбирались с 31 августа по 12 сентября, их было 43 от общего числа [3].

Данные CTD-зондирования были получены от зонда Sea-Bird SBE 9 plus. Для визуализации анализа использовались программа Ocean Data View, а также среда Jupyter Notebook с использованием модулей pandas, matplotlib, seaborn.

Минимальная глубина станций составила 24,7 м, максимальная 671,0 м, средняя 237,5 м. Соленость поверхностного слоя колебалась от 30,522 ‰ до 32,557 ‰, придонная соленость в диапазоне от 32,518 ‰ до 34,037 ‰. Температуры поверхности варьировали от 7,5 °C до 12,9 °C, придонная температура от 1,4 °C до 7,6 °C. По стратификации можно разделить воды три слоя: хорошо прогреваемые (до 12,9 °C) и перемешиваемые поверхностные воды, глубинные тихоокеанские с повышенной соленостью (до 34,037 ‰), а также воды холодного промежуточного слоя (ХПС).

Холодный промежуточный слой определялся по температуре воды меньше 2,0 °C (в среднем 1,6 °C) в диапазоне глубин от 77,3 м до 394,1 м со средней глубиной 231,1 м, соленость колебалась от 33,0 ‰ до 33,5 ‰ со средним значением 33,29 ‰. В сравнении с весенними и летними показателями происходит повышение температуры и солености ХПС, вместе с тем его размывание и углубление ядра, однако сохраняется промежуточное положение между теплыми поверхностным слоем и подстилающей тихоокеанской водной массой. По данным летней (август-сентябрь) и осенней (октябрь-ноябрь) съемок в

Материалы региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам, Владивосток, 15 – 30 апреля 2024 г.

2001 году для южной части охотского моря у ХПС изменялись минимальные температуры от  $-1,5^{\circ}\text{C}$  до  $1,8^{\circ}\text{C}$ , соленость от 32,8 % до 33,5 %, глубина от 60 до 300 м [1].

Тем самым, можно заключить долгосрочный периодический квазистационарный характер ХПС в Охотском море, неизменный в масштабе десятилетий. Для детализации характеристик ХПС необходимо проводить дальнейшие работы на акватории юга Охотского моря.

Работа выполнена в рамках научно-образовательной программы «Плавучий университет» (соглашение № 075-01593-23-06). The research was performed within the framework of the scientific and educational program Floating University (research project № 075-01593-23-06).

#### *Список литературы*

1. Мороз, И.Ф. Сезонные изменения холодного промежуточного слоя в Охотском море / И.Ф. Мороз // Известия ТИНРО. - 2009. - Том 156. - С. 192-202
2. Файман, П.А. Атлас течений Охотского моря / П.А. Файман. - ФГБУ «ДВНИГМИ», 2018. - 133 с.
3. Плавучий университет 2023 [Электронный источник] – URL: [https://pu-ocean.ru/pu\\_2023](https://pu-ocean.ru/pu_2023)

---

Гуляев А. В.

### **ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В ЗОНЕ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ**

Департамент Наук о Земле ИМО ДВФУ

Научный руководитель - к.г.н., доцент Л. Н. Василевская

Примерно 65% территории России занимает многолетняя мерзлота, чувствительная к изменениям климата, которые особенно ярко проявляются в последние десятилетия [2]. Изменения состояния почвогрунтов могут сопровождаться негативными последствиями для зданий и инженерно-технических сооружений, построенных в этой зоне. Вопрос о возможной деградации мерзлоты имеет особую практическую значимость.

Цель работы – выявление особенностей режима и динамики температуры воздуха и почвы на континентальной территории Якутии, которую занимают многомерзлотные породы. В связи с этим решались следующие задачи: статистический анализ временных рядов температуры воздуха и почвы и оценка трендов многолетних изменений. В работе использовались данные температуры воздуха и почвы на 13 репрезентативных метеорологических станциях Якутии за 1950–2020 гг., представленные на сайте ФГБУ «ВНИИГМИ МЦД». Метеорологические станции располагаются равномерно на всей континентальной части региона.

Среднегодовая многолетняя температура воздуха на изучаемой территории изменяется в пределах от  $-5,6^{\circ}\text{C}$  (Ленск, юг) до  $-15,8^{\circ}\text{C}$  (Оймякон, северо-восток). Наиболее высокие температуры в годовом ходе наблюдаются в июле, температура изменяется от  $+14,4^{\circ}\text{C}$  (Оймякон) до  $+19,1^{\circ}\text{C}$  (Якутск, юг). Самым холодным месяцем является январь, многолетняя температура изменяется от  $-29^{\circ}\text{C}$  (Ленск) до  $-46,5^{\circ}\text{C}$  (Оймякон).

Годовые амплитуды температуры воздуха меняются по территории от  $38,6^{\circ}\text{C}$  (Ленск, юг) до  $71,5^{\circ}\text{C}$  (Верхоянск, северо-восток) (рисунок 1). Самые значительные – характерны для северо-востока ( $67,7$ - $71,5^{\circ}\text{C}$ ), а также в Якутске ( $70,6^{\circ}\text{C}$ ) и Усть-Мая ( $68,6^{\circ}\text{C}$ ).

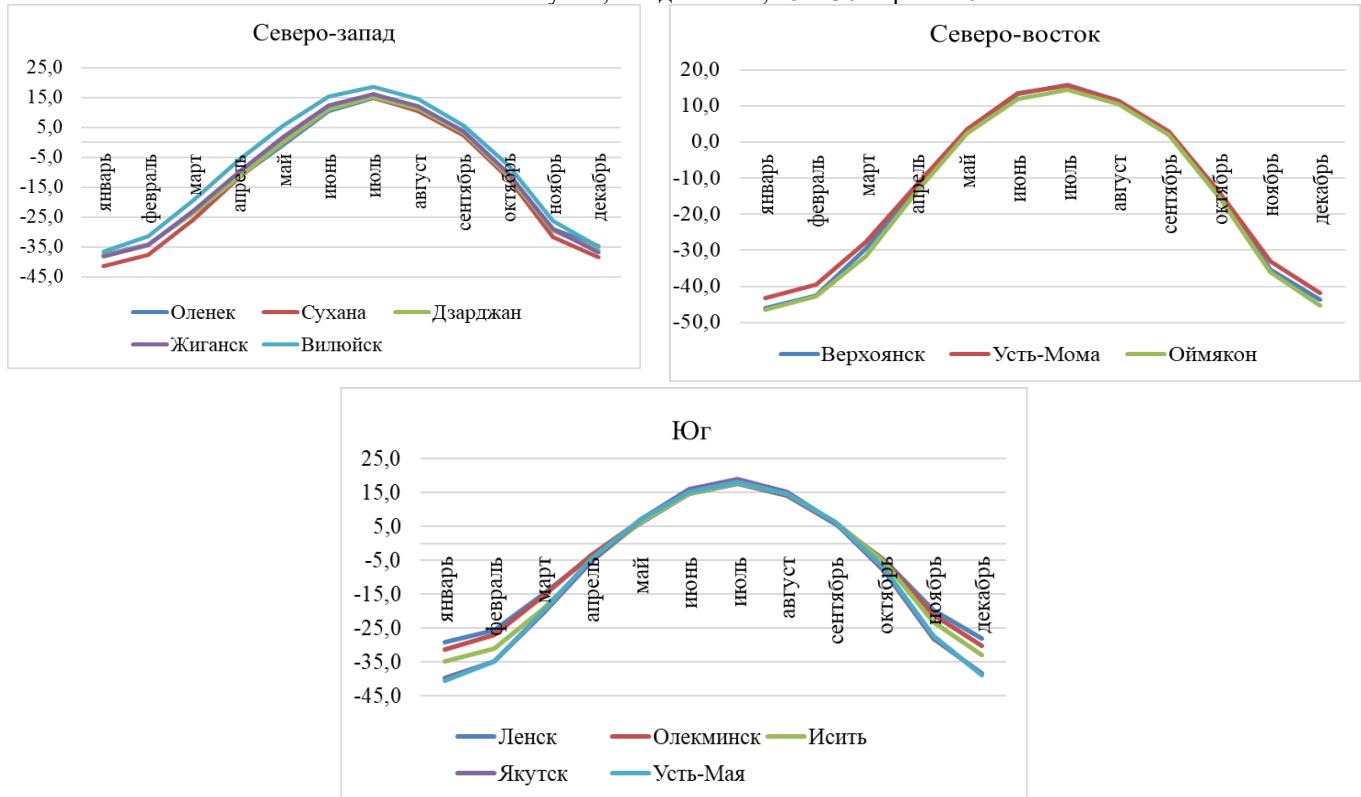


Рисунок 1 – Годовой ход температуры воздуха в различных районах Якутии, °С

В многолетнем ходе амплитуд температуры воздуха на большинстве станций наблюдается отрицательная тенденция, на станциях Оленек, Жиганск, Исить, Якутск, Усть-Мая выявлена устойчивая тенденция уменьшения амплитуды температуры воздуха.

Колебания среднегодовой температуры почвы по территории изменяется с юга на север: от 3,7°C (Ленск) до -5°C (Оймякон) – на глубине 20 см; от 3,1°C (Ленск) и -4,4°C (Оймякон) – на глубине 160 см. Годовой ход температуры почвы на разных глубинах хорошо выражен – максимальный прогрев происходит в июле-сентябре, а охлаждение – в декабре-марте. В таблице 1 приведены коэффициенты линейных трендов среднегодовой температуры почвы на разных глубинах.

Таблица 1

Распределение коэффициентов линейного тренда среднегодовой температуры почвы (°С/10 лет)

Глубина	Станции												Среднее	
	Северо-запад		Северо-восток		Юг									
	Оленек	Сухана	Джардзан	Вилнайск	Жиганск	Усть-Мома	Верхоянск	Оймякон	Ленск	Олекминск	Исить	Якутск	Усть-Мая	
20 см	7,8	1,6	4,3	4,0	4,3	3,7	8,9	8,6	6,0	5,8	6,0	5,9	6,4	5,6
40 см	2,2	1,7	4,1	2,0	5,3	5,5	6,5	7,3	3,5	4,3	3,5	4,3	4,7	4,2
60 см	0,6	-	-	0,9	-	-	-	-	5,3	7,5	7,2	1,2	-	3,8
80 см	9,4	5,9	5,3	8,1	3,2	1,1	9,3	9,1	4,0	6,5	4,0	7,5	6,6	6,2
120 см	9,2	2,2	3,8	8,8	2,4	2,2	-	-	5,3	3,2	5,3	5,4	4,1	4,7
160 см	8,6	3,7	2,8	2,5	3,1	1,2	5,8	7,7	2,8	3,4	2,8	3,4	2,5	3,9
240 см	-	2,4	0,4	2,9	0,6	0,4	-	-	1,8	0,9	1,8	0,7	0,4	1,2
320 см	-	-	0,6	2,5	0,5	-	4,5	1,3	0,9	0,5	0,9	0,2	0,1	1,2
среднее	6,3	2,9	3,0	4,0	2,8	2,4	7,0	6,8	3,7	4,0	3,9	3,6	3,5	4,1

Положительные тренды среднегодовой температуры почвы охватывают всю территорию Якутии. Наиболее интенсивное повышение среднегодовой температуры почвы происходит в

Верхоянске, Оймяконе и Оленьке, в этих районах скорость потепления в среднем составила от 6,3 до 7 °C/10 лет. Медленнее всего потепление происходит в Сухане, Жиганске, Усть-Мома и Джарджане – в среднем от 2,4 до 3°C/10 лет.

На глубине 20 и 80 см потепление происходит быстрее всего, в среднем со скоростью 5,6–6,2°C/10 лет, медленнее всего на глубинах 240–320 см (1,2°C/10 лет). Можно сделать вывод, что тенденция повышения температуры почвы ослабевает с глубиной [1].

**Выводы.** Исследование особенностей режима и динамики температуры воздуха и почвы на континентальной территории Якутии показало, в многолетнем ходе годовых амплитуд температуры воздуха на большинстве станций наблюдается отрицательная тенденция, на станциях Оленек, Жиганск, Исибирь, Якутск, Усть-Мая эта тенденция устойчивая, т.е. климат становится мягче за счет уменьшения годовых амплитуд. Было выявлено повышение среднегодовой температуры почвы, которое охватывает всю территорию региона, также было определено, что тенденция повышения температуры почвы ослабевает с глубиной.

#### *Список литературы*

1. Сточкуте, Ю. В. Многолетние изменения температуры воздуха и почвы на крайнем северо-востоке России / Ю. В. Сточкуте, Л. Н. Василевская // Географический вестник. – 2016. – № 2(37). – С. 84-96.
2. Третий оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Москва: Росгидромет. 2022. С. 562.

---

Донская А.Е.

### **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СМЕСИ РАСТВОРОВ $\text{CaCl}_2$ И $\text{NaCl}$ В КАЧЕСТВЕ ПРОТИВОГОЛОЛЁДНОГО МАТЕРИАЛА.**

Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

Научный руководитель – Д.М. Огородников

Данная работа является продолжением исследований, посвященных экспериментальной оценке эффективности применения растворов солей кальция и натрия различной концентрации в качестве противогололедного материала (ПГМ) в зимний период на автомобильных дорогах г. Владивостока и их возможного негативного влияния на гидрохимический режим водных объектов полуострова Муравьева-Амурского, бассейны которых полностью урбанизированы [1].

Владивосток, как и любой другой город или субъект Российской Федерации, имеет важнейший элемент транспортной инфраструктуры – сеть автомобильных дорог. Ее эффективное функционирование является необходимым условием повышения уровня и улучшения условий жизни населения. В зимний период большинство транспортных проблем возникает из-за необходимости превентивной обработки дорожных покрытий ПГМ, а также проведения уборки снега во время снегопадов и после окончания выпадения осадков [1].

В результате применения ПГМ происходит загрязнение прилегающих к автодорогам территорий за счёт талых вод, в которых содержатся остатки реагентов. Серьезность данного явления до сих пор недостаточно изучена [1].

Дорожными службами города Владивосток в данный момент применяется реагент  $\text{CaCl}_2$  в виде 30% водного раствора при температуре до -8 °C [2, 3].

В 2023 году на базе лаборатории гидрологии сушки Департамента наук о Земле Института Мирового океана Дальневосточного федерального университета был проведен ряд экспериментов, в ходе которых изучалась средняя скорость таяния снега при использовании растворов  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$  и смеси растворов различных концентраций  $\text{NaCl}^*\text{CaCl}_2$ . Также проводился анализ физико-химических характеристик талых вод и сравнивалась эффективность раствора хлорида кальция и раствора хлорида натрия. Смесь растворов  $\text{NaCl}^*\text{CaCl}_2$  используют в некоторых странах и отмечается их эффективное и продолжительное воздействие на снег [4].

В ходе эксперимента были получены данные о средней скорости плавления снега растворами и в результате пришли к выводу, что применение 25% раствора  $\text{NaCl}$  приводит к более быстрому плавлению снега в сравнении с 30% раствора  $\text{CaCl}_2$  (рисунок 1)

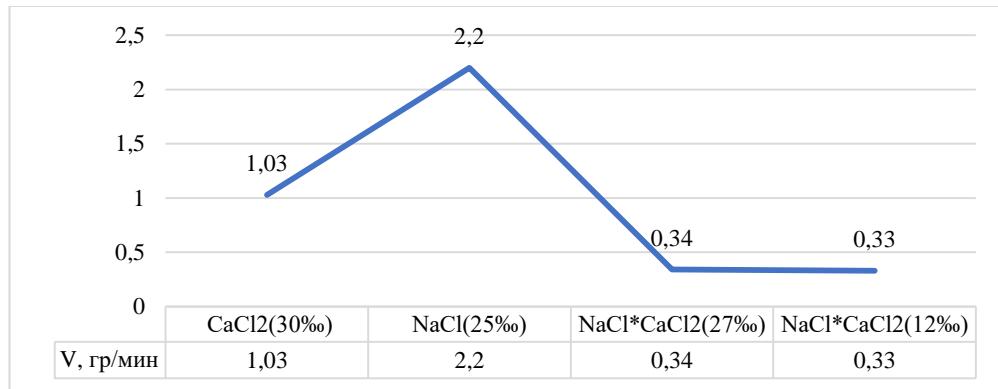


Рисунок 1- Показатели средней скорости плавления растворов солей

На основе сравнения физико-химических свойств полученных талых вод был сделан вывод о более высокой эффективности раствора  $\text{CaCl}_2$  в борьбе с гололедицей, так как данный раствор имеет свойство намного медленнее остывать, что обеспечивает более длительный противогололедный эффект.

Растворы  $\text{NaCl}^*\text{CaCl}_2$  в концентрациях 27 % и 12% имеют различные друг от друга свойства плавления снега. Водный 27% раствор  $\text{NaCl}^*\text{CaCl}_2$  в первый час растапливает снег, и в последующие часы снег также продолжает плавится. Температура получившегося рассола быстро понижается. Раствор 12%  $\text{NaCl}^*\text{CaCl}_2$  в первый час эксперимента не дал результатов, однако в последующие часы происходило постепенное расплавление снега, и температура рассола очень медленно повышалась. Сравнивая свойства данных растворов, можно сделать вывод, что 27% раствор имеет лучший кратковременный эффект (т.е. непосредственно в момент распыления вещества на снег), а 12% раствор имеет эффективное и длительное воздействие на снежный покров (рисунок 2).

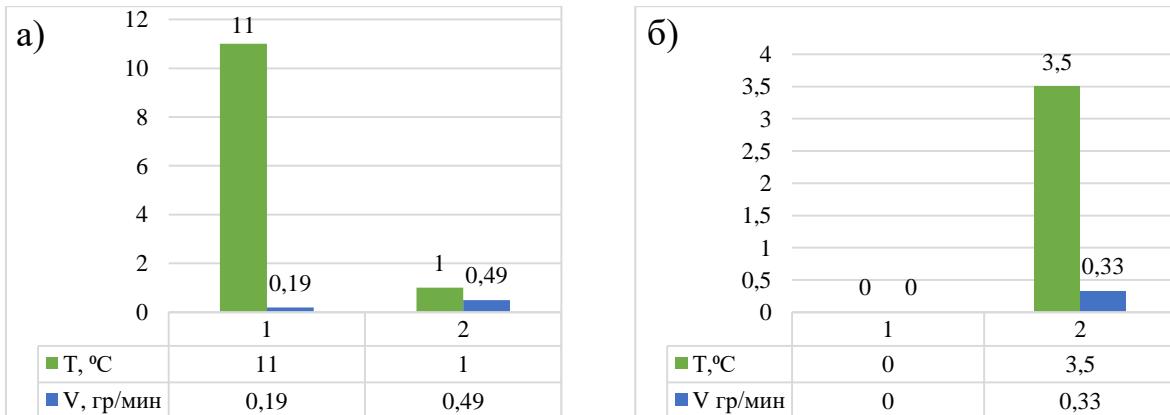


Рисунок 2 – Показатели средней скорости плавления ( $V$ , гр/мин) растворов  $\text{NaCl}^*\text{CaCl}_2$  27% (а) и 12% (б), и температура ( $T$ , °C) полученного рассола в течении часа.

Также в ходе эксперимента были измерены на физико-химические характеристики проб талых вод (таблица).

Таблица

Физико-химические характеристики талых вод.

Характеристика рассола:	CaCl <sub>2</sub> (30%)	NaCl (25%)	NaCl*CaCl <sub>2</sub> (27%)		NaCl*CaCl <sub>2</sub> (12%)	
			Проба 1	Проба 2	Проба 1	Проба 2
Вес, гр	41,3	87,92	11,3	29,48	-	108,42
Объём, мл	47	94	11	28,5	-	103
Солёность, %	81	76	84	83	-	35
Плотность, гр/см <sup>3</sup>	1,061	1,058	1,065	1,055	-	1,027
Водородный показатель pH	7,89	7,46	7,4	-	-	7,63
Температура, °C	4	0	12	1	-	3,5

Список литературы:

1. Огородников Д.М. Оценка эффективности применения раствора CaCl<sub>2</sub> в качестве противогололедного материала в г. Владивосток // Материалы региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по естественным наукам: Научное электронное издание, Владивосток, 15 апреля – 10 мая 2023 г., / Отв. ред. В.Ю. Ермаченко. - Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2023. - С. 69-71.
2. Данные о заказе дорожной службой г. Владивосток хлорида кальция в качестве противогололедного материала (от 01.12.2019) – <https://star-pro.ru/proverka-kontragenta/organization/1112536000774/zakupki#customer#contracts>
3. Рекомендации по приготовлению раствора хлористого кальция с необходимой плотностью – [https://www.teh-stroy.ru/st\\_rastvor-hk.php](https://www.teh-stroy.ru/st_rastvor-hk.php)
4. Снег: Справочник / Под ред. Д. М. Грея, Д. Х. Мэйла; Пер. с англ. под ред. В. М. Котлякова. - Ленинград: Гидрометеоиздат, 1986. - 751 с.

---

Плашинова М.В.<sup>1</sup>, Карбаинов И.С.<sup>1</sup>

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ОЧИЩЕНИЯ АТМОСФЕРЫ С ВЫПАДЕНИЕМ ТВЕРДЫХ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В Г. УЛАН-УДЭ В ФЕВРАЛЕ 2023 ГОДА**

<sup>1</sup>Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель – к.г.н., доцент Л.Н. Василевская

**Введение.** Климат Республики Бурятия, формирующийся под действием сибирского антициклона в зимнее время, характеризуется малым количеством атмосферных осадков, безветренностью и крайне низкими температурами, что обуславливает возникновение благоприятных для накопления загрязняющих веществ условий в приземном слое, что, в свою очередь, негативно сказывается на здоровье населения. Особенно остро эта проблема встает в столице республики – в Улан-Удэ, где формирование застойного густого смога в приземном слое атмосферы объясняется расположением города в межгорной котловине и преимущественно печным отоплением с большим количеством продуктов горения.

Целью настоящего исследования являлось выявление взаимосвязи между выпадением осадков и очищением атмосферы зимой 2023 года в г. Улан-Удэ.

Задачи, поставленные в работе, включают анализ погодных условий, предшествующих выпадению и непосредственно во время выпадения осадков, изучение динамики концентрации  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  и микрочастиц  $\text{PM}_{2.5}$  в это же время [5].

*Материалы и методы.* Исходными материалами послужили восьмисрочные метеорологические наблюдения на станции Улан-Удэ за февраль 2023 г. (высота станции над уровнем моря – 515 м) [1], концентрация двуокиси углерода и оксида серы на поверхности и аэрозолей ( $\text{PM}_{2.5}$ ) [2], погодные условия с 15.02 по 22.02.2023 года [4].

Районом исследования является городской округ Улан-Удэ, находящийся в Республике Бурятия, которая занимает крайнюю юго-западную часть ДФО. Улан-Удэ, в свою очередь, расположен в Западном Забайкалье, при впадении реки Уды в Селенгу. Город раскинулся в Иволгинско-Удинской впадине (рисунок 1), представляющую собой зажатую между горами слабохолмистую равнину [3].

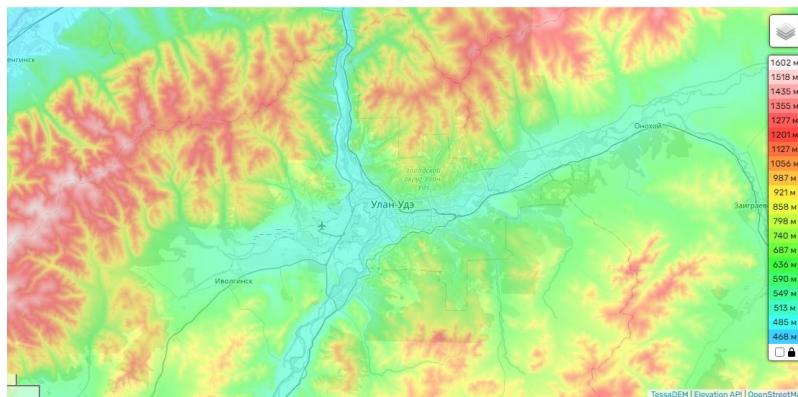


Рисунок 1 – Топографическая карта Улан-Удэ

*Результаты и их обсуждение.* Климат Улан-Удэ – резко континентальный засушливый, что объясняется его удалённостью от больших водоёмов. С активизацией сибирского антициклона возникают такие погодные условия, как большое количество солнечных дней, слабый ветер, низкие температуры и влажность [4]. Эти факторы препятствуют циркуляции воздуха в приземном слое, что вместе с сжиганием угля населением в отопительных целях приводит к образованию темного смога.

Выбранный нами период с 18.02 по 22.02.2023 характеризуется выпадением ливневого снега 18.02 и 21.02 в течение 20 и 2-х часов соответственно. В результате 18.02 выпало 1,6 мм осадков, а 21.02 – 0,2 мм, что в сумме составляет 60% от месячной февральской нормы. На рисунке 1 помещены совместные графики хода аэрозолей и осадков в течение исследуемого отрезка времени, цифрами 1 и 2 показана взаимосвязь исследуемых показателей: при выпадении осадков заметно постепенное уменьшение концентрации  $\text{CO}_2$  на следующий день и ее увеличение при отсутствии осадков вовсе.

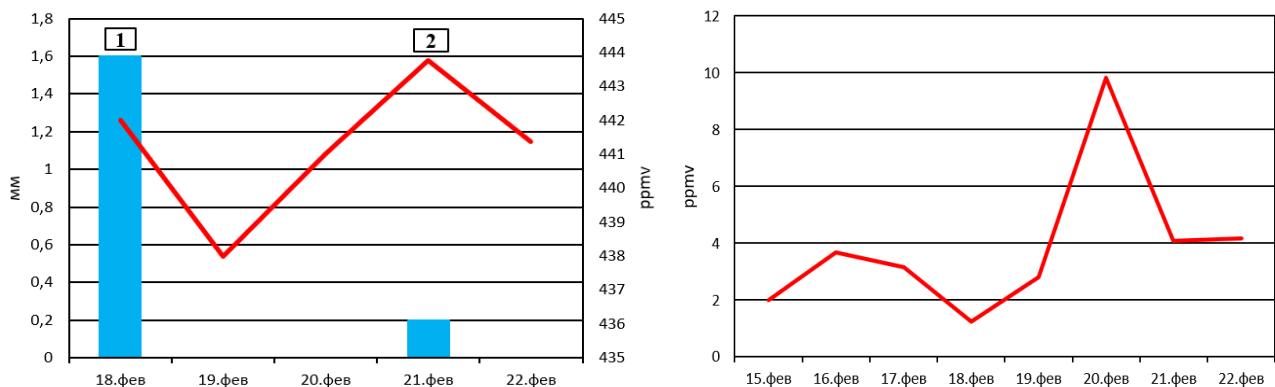


Рисунок 2 – Изменение концентрации аэрозолей (ppmv -  $\text{мкг}/\text{м}^3$ ) в течение 18–22 февраля 2023 г. в г. Улан-Удэ (график слева -  $\text{CO}_2$ , график справа -  $\text{SO}_2$ ) 1, 2 – сумма осадков

Анализ графика справа показывает, что в предшествующие снегопаду три дня (15-17 февраля) концентрация диоксида серы достигала 3,66 мкг/м<sup>3</sup>, во время снегопада она значительно понизилась до 1,2 мкг/м<sup>3</sup>. (т.е. на 66%); затем при северо-западном ветре 20 февраля она достигла значительной величины – 9,86 мкг/м<sup>3</sup>. Вероятно, это связано с поступлением загрязненной воздушной массы с прилегающих с запада субъектов. Поскольку 19 февраля через Улан-Удэ прошел холодный фронт, сопровождавшийся сильным северо-западным ветром, загрязняющее вещество было привнесено с поступившей воздушной массой. 21 февраля снова выпал снег, который существенно понизил концентрацию SO<sub>2</sub> до 4,08 мкг/м<sup>3</sup> (снижение на 58%).

*Выводы.* Таким образом, выпадение твердых осадков непосредственно влияет на снижение концентрации веществ, загрязняющих атмосферу, что является благоприятным процессом. Эти загрязняющие вещества образуются при сжигании угля, и их высокая концентрация в атмосфере повышает риск получить рак легких, инсульт, сердечно-сосудистые заболевания и заболевания дыхательных путей.

#### *Список литературы*

1. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации: официальный сайт. – URL: <http://www.meteo.ru/data> (дата обращения: 25.03.2024).
2. US National Weather Service: официальный сайт. – URL: <https://earth.nullschool.net/ru/> (дата обращения: 28.03.2024)
3. Платов В.С. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000, серия Селенгинская, лист М-48-VI. Объяснительная записка. — Изд-е 2-е. — Москва: Московский филиал ВСЕГЕИ, 2013. — С. 72. — 156 с.
4. Rp5.ru - база метеорологических данных. – URL: <https://rp5.ru/> (дата обращения: 29.03.2024)
5. Василевский Д.Н., Василевская Л.Н., Лисина И.А., Мушта Б.Б. Анализ загрязнения атмосферы в Приморском крае в 2019–2020 гг. по данным спутникового мониторинга GMAO/NASA // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2021. № 4 (382). С. 148-161

---

Киртаева Е.А.<sup>1</sup>

#### **ЛЕТНИЙ МУССОН В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ**

<sup>1</sup>Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель – к.г.н., доцент Л.Н. Василевская

Климат Земли за последнее столетие заметно изменился как на глобальном, так и региональном уровне, при этом в последние десятилетия наблюдается наиболее активная фаза потепления. На фоне современных климатических изменений на Дальнем Востоке увеличилась повторяемость опасных гидрометеорологических явлений, связанных чаще всего с количеством осадков и лесными пожарами [3]. Актуальность темы исследования обусловлена недостаточной изученностью летнего муссона в Хабаровском крае; и практическими потребностями в достоверной информации о режиме муссонной циркуляции региона, влияющей на жизнедеятельность и здоровье населения.

Атмосферная циркуляция над Дальним Востоком имеет свои особенности, обусловленные неравномерным нагреванием и охлаждением суши и океана, что отражается в структуре термобарического поля в виде сезонной смены расположения высотных гребней и ложбин. Вследствие этого климат Дальнего Востока традиционно, начиная с исследований в конце прошлого века А.И. Войкова, считается муссонным.

Целью данной работы является изучение температурного режима летнего муссона в Хабаровском крае.

*Материалы и методы.* Исходными материалами послужили средние за месяц значения температуры воздуха на 6 станциях Хабаровского края за 1966–2022 гг. [1], представленных на рис. 1. Для оценки влияния муссонного потока на температурный режим исследуемой территории определялся годовой ход температуры воздуха, а затем исследовались особенности динамики температуры воздуха в летние месяцы.

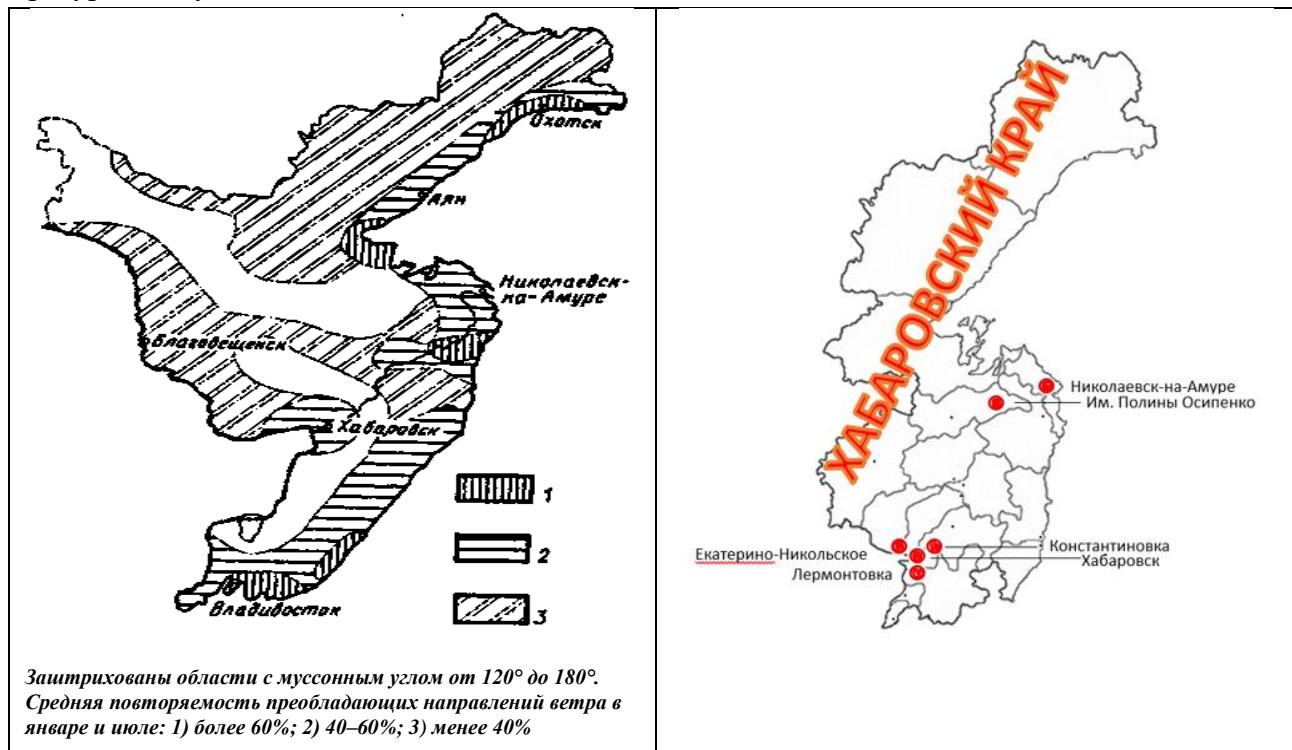


Рисунок 1 – Слева - Распространение муссона в южной части Дальнего Востока [2];  
справа-Местоположение станций Хабаровского края

Анализ графика годового хода температуры воздуха (рисунок 2) показывает, что на всех станциях самым холодным является январь (температура меняется от  $-19,6^{\circ}\text{C}$  до  $-26,6^{\circ}\text{C}$ ), а самым теплым – июль (температура меняется от  $16,9^{\circ}\text{C}$  до  $21,6^{\circ}\text{C}$ ). Среднегодовая температура воздуха в Николаевске-на-Амуре и им. Полины Осипенко отрицательная – минус 1,7 и минус  $2^{\circ}\text{C}$  соответственно; на остальных станциях она составляет  $1\text{--}2,4^{\circ}\text{C}$ . Самым теплым является г. Хабаровск, т. к. он является самым густонаселенным городом, поэтому в нем высокий уровень антропогенного воздействия, следовательно и выше температуры. Следует отметить, что внутригодовое изменение температуры воздуха на всех станциях представляет симметричный вид, т.е воздух весной быстро прогревается и также быстро охлаждается осенью, что характерно для континентального климата.

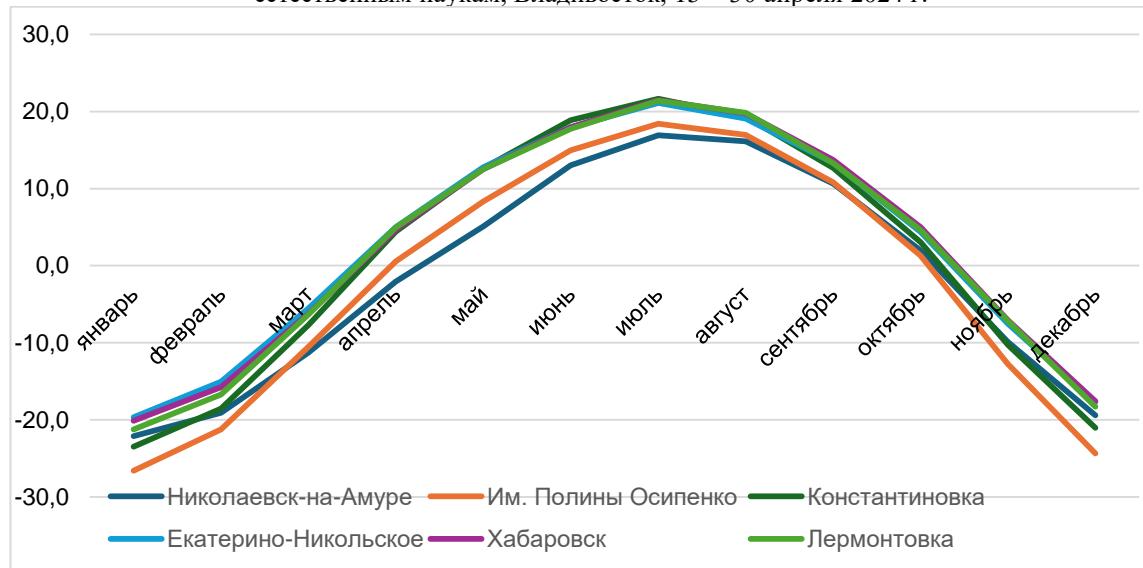


Рисунок 2 – Годовой ход температуры воздуха за период 1966–2022 гг.

Рассмотрим динамику температуры воздуха в летние месяцы. Ниже приведена сводная таблица с показателями изменения температуры воздуха в июне–августе.

Таблица

Коэффициенты наклона линейных трендов (КНЛТ) температур воздуха и коэффициенты детерминации ( $R^2$ ) в июне — августе ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет)

Станция	КНЛТ			$R^2$		
	июнь	июль	август	июнь	июль	август
Хабаровск	0,06	0,22	0,18	0,004	0,093	0,070
Лермонтовка	0,15	0,19	0,20	0,037	0,105	0,097
Екатерино-Никольское	-0,05	-0,16	-0,30	0,001	0,005	0,010
Константиновка	0,19	0,30	0,27	0,046	0,267	0,189
Им. Полины Осипенко	0,03	0,39	0,28	0,001	0,117	0,142
Николаевск-на-Амуре	-0,09	0,26	0,36	0,008	0,075	0,200

#### Выводы:

Практически на всех станциях отмечается повышение температуры воздуха, за исключением станции Екатерино-Никольское, на которой летние температуры характеризуются неустойчивым понижением.

Температуры воздуха на всех станциях устойчиво повышаются в июле и августе (на это указывают высокие величины коэффициента детерминации). Это потепление составляет от 0,2 до 0,4 $^{\circ}\text{C}/10$  лет.

#### Список литературы

1. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации: официальный сайт. – URL: <http://www.meteo.ru/data>
2. Новорощий П.В. Распространение муссона над южной частью российского Дальнего Востока // Метеорол. и гидрол. – 1999. – №11. – С. 40–46.
3. Третий оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. - Москва: Росгидромет, 2022, С. 21–23.

Костык В.А.<sup>1</sup>, Каплуненко Д.Д.<sup>2</sup>

## ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ С ВРЕМЕННЫМИ РЯДАМИ НАЗЕМНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА

<sup>1</sup> Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, Владивосток

<sup>2</sup> Научный руководитель – к.г.н., с.н.с Д.Д. Каплуненко

Гидрометеорологическое информационное обеспечение имеет большой вес в принятии решений в областях экономики, сельского хозяйства, логистики, добывающей промышленности [1]. Основой прогнозов погоды и климата являются непрерывные ряды наблюдений по всей планете. Национальным центром сбора метеорологических данных России является ВНИИГМИ-МЦД ([meteo.ru](http://meteo.ru)).

В рамках работ по оценке региональных особенностей Дальневосточного региона, произведена оценка качества и анализ временных рядов метеорологических параметров.

Выделены основные особенности наземных наблюдений: пропуски, перемещение пункта наблюдения, точность координат станции, единицы измерения параметров.

Обработка данных была выполнена при помощи библиотек, имеющихся в языках Python и Fortran а также средствами ГИС ArcMap, Qgis, офисным приложением MS Excel.

Архив ВНИИГМИ-МЦД содержит срочные, суточные, среднемесячные значения метеопараметров. Стоит отметить, что перечисленные выборки содержат разный перечень наблюдаемых параметров, где основой является срочный раздел БД. Авторами выполнен анализ суточных, среднемесячных рядов температуры и осадков метеостанций Приморского края на предмет осреднения и суммирования по срочным данным. В результате анализа рядов было установлено, что база данных корректно отражает все параметры по стандартным методам нахождения средних величин температур и суммы осадков. Стоит отметить, что пропуски срочных наблюдениях ведут к ошибкам и неточностям в осредненных разделах БД. Например, на метеостанции Свиягино 31931 в августе 1970 года срочные данные температуры и осадков отсутствуют, но в суточном архиве пропусков нет. В таких случаях важно обращаться к возможности скачивания данных с признаками качества, где для каждого значения приводится число от 1 до 9, описывающее качество величины (где 0 достоверное число, 9 восстановленное число).

Пропуски в рядах метеостанций срочных наблюдений для Дальнего востока России распределены неравномерно. В срочных наблюдениях в среднем по региону 5% пропусков в рядах температуры, 15% пропусков в рядах осадков. Стандартные методы статистического анализа временных рядов гидрометеорологических данных рассчитаны на отсутствие пропусков. Проведенный анализ методов заполнения пропусков показал, что наиболее эффективным методом является missForest [2]. С помощью библиотеки Python (библиотека [missingpy](https://pypi.org/project/missing-py), [pypi.org/project/missing-py](https://pypi.org/project/missing-py)) заполнены пропуски в срочных, суточных рядах ВНИИГМИ-МЦД.

Выделены основные виды пропусков: отдельные отсутствующие дни, недели, месяцы, годы, встречающиеся в рядах в равных пропорциях. Природа пропусков в большинстве случаев относится к человеческому фактору, в меньшинстве к неисправности приборов и экстремальным явлениям. Отдельного внимания заслуживает положение пропусков в ряду, где в суточных архивах ВНИИГМИ-МЦД представлены все дни и пропуск в метеорологических параметрах легко идентифицируется даже в MS Excel. Крайне редко в срочном архиве БД отсутствуют дни, таким образом нарушаются непрерывность последовательности дней. Подобная проблема встречается и в международных базах данных, например NOAA, где в данных КНР часто встречаются пропуски в наблюдениях и в днях. Для идентификации пропусков такого вида офисные приложения вида MS Excel не годятся. Возникает

Материалы региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам, Владивосток, 15 – 30 апреля 2024 г.  
необходимость подготовки программ обработки данных - например, при помощи библиотек языка Python, включающих себя библиотеку `datetime`.

Единицы измерения метеопараметров стоит учитывать в основном при использовании зарубежных ресурсов, например NOAA предоставляет информацию в международных и местных единицах измерений (температура в градусах Цельсия или Фаренгейта, атмосферные осадки в миллиметрах или дюймах, давление в миллиметрах ртутного столба или в Паскалях), поэтому при исследовании трансграничных объектов стоит учитывать эту особенность.

В работе обращено большое внимание на местоположение станций. Согласно координатам АСУНП (автоматизированная система учёта наблюдательных подразделений Росгидромета) точность позиционирования станций 1-10 км. Во время работ по сопоставлению данных реанализа и наблюдений на метеостанциях [3] выявлена особенность координат метеостанций, где найдены расхождения в названиях пунктов и в местоположении от 100 м до 100 км. Кроме того, в исключительных случаях происходит перенос метеостанции, где показания стоит пересчитывать и соединять. Уточнение координат метеостанций производилось в ручном режиме с помощью сопоставлений с базовой картой QGis, ArcMap.

В заключении следует отметить, что анализу достоверности данных следует уделять особое внимание. Следующим этапом работы с такими данными может быть выполнено гидродинамическое моделирование или пространственно-временной анализ изменчивости гидрометеорологических характеристик, например, с помощью wavelet-спектров [4].

#### *Список литературы*

1. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – СПб.: Наукомкие технологии, 2022. – 124 с.
2. Костык, В. А. Анализ методов заполнения пропусков в рядах атмосферных осадков / В. А. Костык, Д. Д. Каплуненко // Океанологические исследования : материалы X конференции молодых ученых, Владивосток, 24–28 апреля 2023 года / Утверждено к печати Ученым советом Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук (ТОИ ДВО РАН).. – Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2023. – 203-204 с.
3. Вихренко, С.В. Исследование данных системы CFSR (на примере суточных осадков на юге Приморья) / С. В. Вихренко, В. В. Диленко, В. А. Костык, И. Е. Осипов // Материалы региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам, Владивосток, 15–30 апреля 2021 года. – Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2021. – 306-309 с.
4. Костык, В. А. Анализ внутригодовой изменчивости температуры и осадков ДФО по восстановленным данным ВНИИГМИ-МЦД / В. А. Костык, Д. Д. Каплуненко, В. А. Бородин // Физика геосфер: Материалы докладов, Владивосток, 11–15 сентября 2023 года. – Владивосток: Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, 2023. – 351-352 с.

Макарчук И.М.

**АНАЛИЗ ГИДРОГРАФОВ СТОКА ЗА РАЗЛИЧНЫЕ ПО ВОДНОСТИ ГОДЫ В СТВОРЕНЕ**

**Р.РАЗДОЛЬНАЯ - П.ТЕРЕХОВКА**

Департамент Наук о Земле ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к.г.н., доцент И.А. Лисина

Актуальность исследования внутригодового распределения стока за различные по водности годы предоставляет возможность для составление прогнозных схем при строительном и водохозяйственном проектировании.

Исходя из вышеизложенного, целью данного исследования послужила сравнительная характеристика особенностей внутригодового распределения расходов воды в многоводный, маловодный и средний по водности годы.

В качестве исходных данных были использованы измеренные расходы и ежедневные уровни воды за 1959, 1963, 1970 годы [1-3]. Годы были выбраны по обеспеченным значениям годовых расходов за период с 1935 по 1986 годы. В результате: относительно многоводный год – 1959 г. ( $P=24,5\%$ ); средний по водности год – 1963 г. ( $P=51,0\%$ ); относительно маловодный год – 1970 г. ( $P=77,6\%$ )

Обработка данных выполнялась путём построения за каждый из перечисленных годов в период открытого русла зависимостей расходов воды ( $Q=f(H)$ ), площадей живого сечения ( $w=f(H)$ ) и средних скоростей течения ( $v=f(H)$ ) от уровней воды. Для оценки надёжности построения кривых была произведена увязка кривых  $Q(H)$ ,  $w(H)$ ,  $v(H)$ , в результате которой отклонения рассчитанных по формуле 1 значений расхода от значений расхода, снятых с кривой  $Q=f(H)$  при одинаковых уровнях воды не превышали 1%.

$$Q = v_{cp} \cdot w, \quad (1)$$

где  $Q$  – расход воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $v_{cp}$  – средняя скорость течения,  $\text{м}/\text{с}$ ;  $w$  – площадь живого сечения.

Для того, чтобы кривые расходов охватывали всю амплитуду наблюдённых уровней воды за данные годы, была произведена графическая экстраполяция кривых: на 14% для маловодного года, на 7% для среднего по водности и на 20% для многоводного. По построенным таким образом кривым для всей амплитуды наблюдённых уровней с кривых расходов снимались значения расходов воды через 10 см уровня. Промежуточные величины определялись интерполированием, данные для удобства заносились в расчётную таблицу координат, которая является удобным инструментом для дальнейшего определения ежедневных расходов воды. За свободный от льда период на основании ежедневных уровней воды и данных заполненной таблицы координат, были рассчитаны ежедневные расходы воды.

Вычисление ежедневных расходов воды за зимний и переходной периоды было выполнено методом переходных коэффициентов. Суть которого состоит в определении переходных зимних коэффициентов по формуле 2.

$$K_{зим} = Q_{зим}/Q_{лет}, \quad (2)$$

где  $K_{зим}$  – переходный коэффициент;  $Q_{зим}$  – расход воды при уровне  $H$  в зимний период,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $Q_{лет}$  – расход воды при том же уровне  $H$  за период открытого русла,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

По полученным коэффициентам был построен хронологический график  $K=f(T)$ , для первого и последнего дня ледовых явлений значения коэффициента  $K_{зим}$  равно 1,0. Для каждого дня периода ледовых явлений с графика снималось значение коэффициента и вычислялся зимний расход воды по формуле 3.

$$Q_{зим} = K_{зим} \cdot Q_{лет} \quad (3)$$

Рассчитанные таким образом ежедневные расходы воды позволили построить гидрографы стока за 1959, 1963 и 1970 годы (рис. 1). Период ледовых явлений представлен в виде закрашенной полосы над гидрографом стока

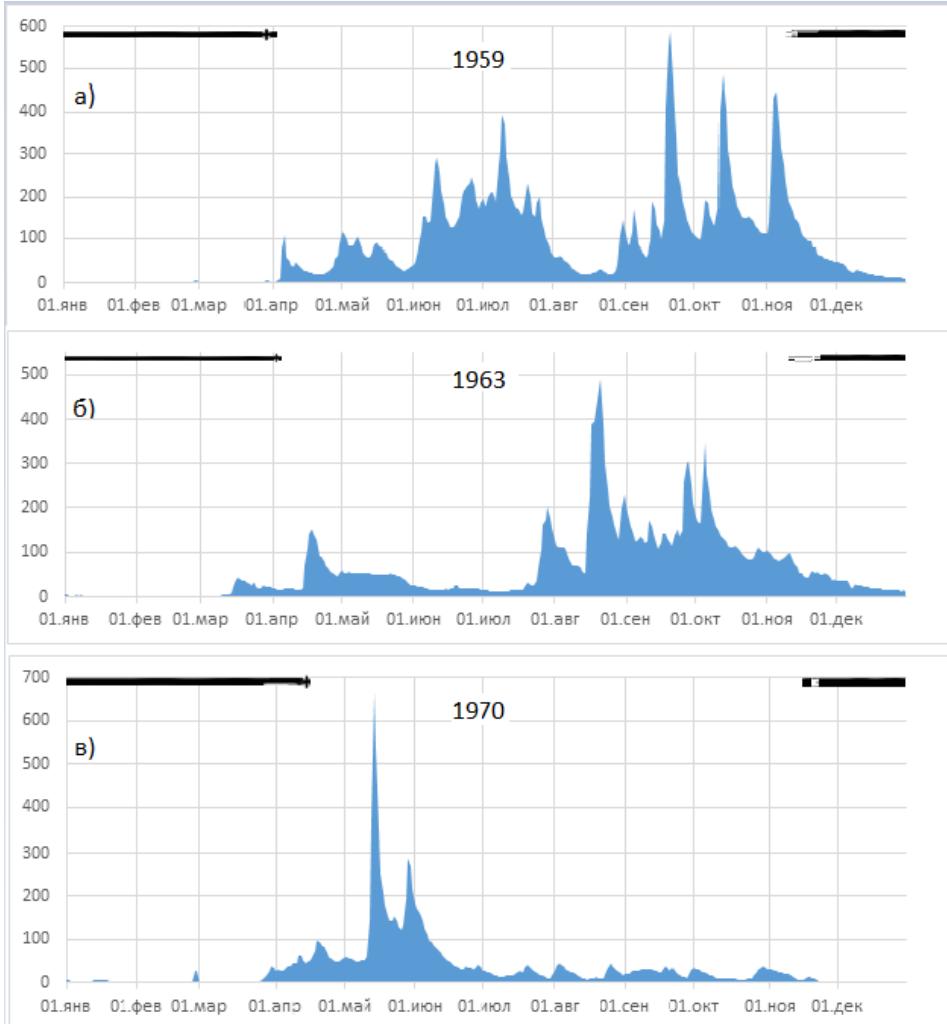


Рисунок 1 – Гидрографы стока за многоводный (а), средний по водности (б) и маловодный годы (в)

Невысокое, относительно дождевых паводков, весеннее половодье, прослеживается на гидрографах 1959 и 1963 гг., при этом оно довольно растянутое во времени (в 1959 г. – с апреля по июнь; в 1963 г. – с середины апреля по конец мая). Особенность незначительными расходами воды в этот период года отличается средний по водности 1963 год. В эти же годы летние паводки представляют собой единую многопиковую структуру. Ярко выраженный пик расхода воды ( $665 \text{ м}^3/\text{s}$ ) характерен для гидрографа стока маловодного года (рис. 1 в), в течение теплого периода которого паводки не превышали  $46,5 \text{ м}^3/\text{s}$ , но их количество было значительным (8-9), что связано с частыми, но не обильными осадками. Хорошо выраженная летняя межень (с июня по середину июля) характерна только для среднего по водности 1963 года.

Экстремальные осадки за 1959 г. ( $586 \text{ м}^3/\text{s}$ ) наблюдались во второй половине сентября, в то время как высокий паводок 1963 года ( $492 \text{ м}^3/\text{s}$ ) – в середине августа, а экстремальный расход 1970 года, связанный с весенним половодьем ( $665 \text{ м}^3/\text{s}$ ) – в середине мая.

Таким образом максимальный расход наблюдался в относительно маловодный год, хотя это не повлияло на общую водность года. Также в 1970 г. (конец февраля) и в 1963 г. (середина-конец марта) наблюдалось увеличение расхода воды, вероятно, связанное с оттепелью. В 1959 и 1963 гг. сравнительно большие расходы воды в период начала ледовых явлений требуют дополнительного анализа.

### *Список литературы*

1. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши: государственный водный кадастр 1963 г. Том 9 Выпуск 6. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966.
2. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши: государственный водный кадастр 1959 г. Том 9 Выпуск 6. – Л.: Гидрометеоиздат, 1962.
3. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши: государственный водный кадастр 1970 г. Том 9 Выпуск 6. – Владивосток: ДВНИГМИ, 1980.

---

Мансуров М.А.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА ЮЖНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ОХОТСКОГО МОРЯ**

Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к.г.н., доцент Л.Н. Василевская

Актуальность исследования изменений климата в наше время не вызывает сомнений. Климат – это, прежде всего, значительная доля ресурсов любой страны. Поэтому разработка методов предсказания изменений климата на годы, десятилетия, столетия сейчас и впредь приобрели первостепенную важность. С климатом тесно связаны все, без исключения, отрасли народного хозяйства. Изменения климата диктуют определенный режим хозяйствования, стратегию развития экономики на долгие годы [1]. Охотское море и его береговая зона являются одними из перспективных районов для совместного промышленного освоения сообществом стран Азиатско-Тихоокеанского региона, однако отличаются своеобразными и суровыми погодно-климатическими условиями. Большая меридиональная протяженность территории Охотского моря создает исключительно большое разнообразие в климате его отдельных участков [1].

*Цель исследования:* выявление и уточнение тенденций, характеристик и возможных причинно-следственных связей межгодовых изменений термических условий в южной части прибрежно-морских районах Охотского моря за последние 5 десятилетий.

*Исходные данные.* Для анализа использовались данные 8-ми срочных наблюдений за 1966-2021 гг. на 11 метеорологических станциях, расположенных на северном побережье Охотского моря [2].

*Результаты и их обсуждение.* По средним многолетним статистическим характеристикам температуры воздуха [3], рассчитанным за весь период исследования следует, что самые низкие среднемноголетние температуры в январе наблюдаются в Москальво (-19,9°C), а самые высокие – в пункте Южно-Курильск (-4,3°C). Стандартное отклонение меняется от 0,21 до 0,43°C. Самым холодными были январи в Москальво в 1987 г. и в Погиби в 1994 г. Относительно теплые январи были в Южно-Курильске и Курильске в 1991 г. Оценка температур теплого периода года показывает, что в июле самые низкие среднемноголетние температуры наблюдались на мысе Терпения, а относительно высокие – в Москальво и в Погиби. Стандартное отклонение изменялось в пределах от 0,10°C до 0,25°C. Самая минимальная температура в июле наблюдалась в Усть-Воямполке в 1991 г., а самая максимальная – в Москальво в 2021 г.

На рисунке 1 представлена динамика изменения температуры воздуха по десятилетиям. В основном наблюдается тенденция роста температуры за весь рассматриваемый период. Наиболее

Материалы региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам, Владивосток, 15 – 30 апреля 2024 г.

теплым центральный месяц зимы был в 5 десятилетие, (исключением является станции Мыс Крильон и Южно-Курильск, где наиболее теплыми были 4 и 3 десятилетия).

В центральном месяце теплого сезона также наблюдалась тенденция роста температуры. Наиболее теплые июли были отмечены, в основном, в пятом десятилетии, за исключением станции Ича, там наиболее теплым было 3 десятилетие.

На основе полученных в работе статистических характеристик январских и июльских температур воздуха произведена оценка температурного режима воздуха. Была выявлена положительная тенденция роста январских температур в многолетнем разрезе, наиболее выраженная на юге Охотского моря. Самым теплым было десятилетие с 2010 года по 2019 года.

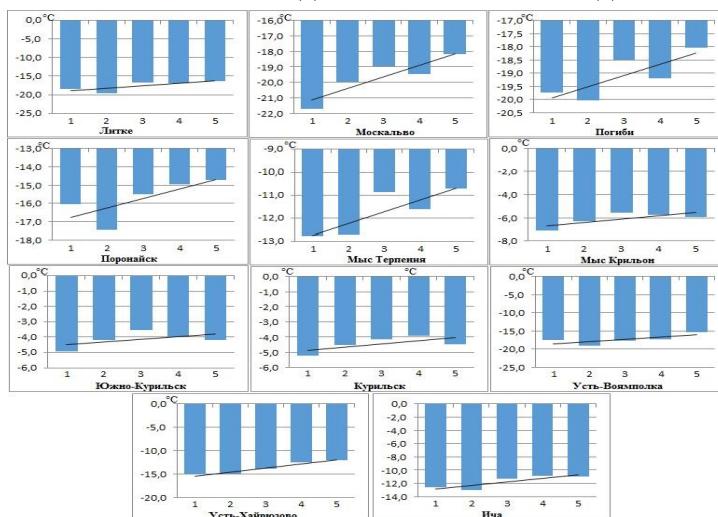


Рисунок 1 - Динамика изменения температур по десятилетиям в январе

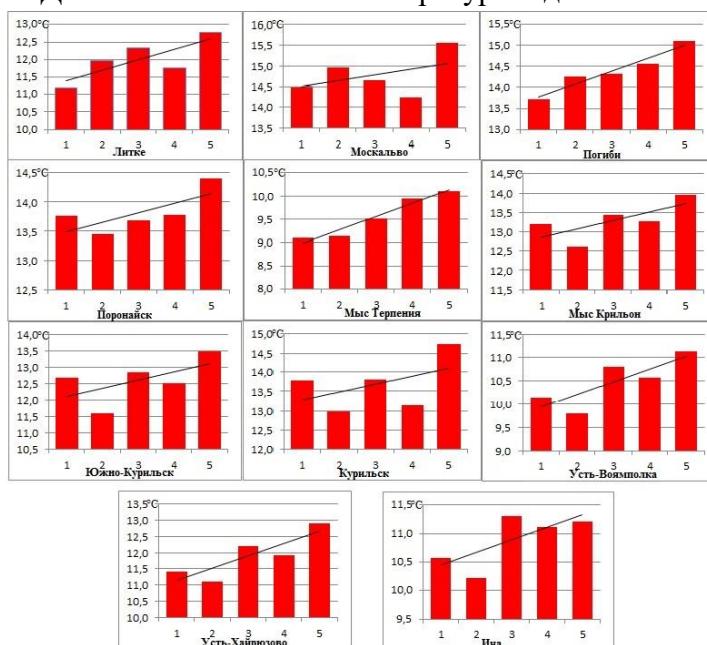


Рисунок 2 - Динамика изменения температур по десятилетиям в июле

### Список литературы

1. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / под ред. В. М. Катцова; Росгидромет. – Санкт-Петербург: Наукомкие технологии, 2022. – 676 с.

2. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных - <http://meteo.ru/>

3. Чернышева Л.С., Платонова В.А. Расчёт и интерпретация основных климатических показателей отдельных метеорологических величин /уч.-метод. Пособие. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2009. – 88 с.

---

Никольникова А.М<sup>1</sup>

## АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ОСНОВНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ПРОГРАММЕ PYTHON

<sup>1</sup> Кафедра наук о земле ИМО ДВФУ

<sup>1</sup> Научный руководитель – ассистент, А.Ю. Храпатая

В современном мире анализ и обработка метеорологических данных становятся все более важными в контексте понимания и прогнозирования погодных явлений, климатических изменений и их воздействия на окружающую среду и человеческую деятельность. С развитием вычислительных технологий и программирования открываются новые возможности для более глубокого анализа и эффективной обработки метеоданных.

Данная научной статье посвящена исследованию аспектов обработки основных метеорологических параметров и статистического анализа с использованием современных программных средств и методов программирования.

В данной работе были рассмотрены основные элементы выбора темы исследования, а также обзор используемых методов и технологий. Разбор этих вопросов поможет осознать важность и актуальность проведения исследований в области анализа и обработки метеорологических данных с использованием средств программирования, а также ознакомит с основными направлениями работы в данной области.

Целью данной научной работы является создание программных моделей для обработки и первичный статистический анализ основных метеорологических параметров.

Источником для работы в Python была таблица с данными о индексе станции, году, месяце, дне, сроке, средней скорости ветра в м/с, максимальной скорости ветра в м/с, сумме осадков в мм и температуре воздуха в °C (рис. 1).

Индекс станция	Год	Месяц	День	Срок	Средняя скорость ветра, м/с	Макс. Скорость ветра, м/с	Сумма осадков, мм	t воздуха по сухому терм-ру, °C
23933	1990	1	1	0	2	4	0.0	-23.0
23933	1990	1	1	3	2	3	0.0	-26.8
23933	1990	1	1	6	3	5	0.0	-27.2
23933	1990	1	1	9	4	7	0.0	-23.4
23933	1990	1	1	12	3	5	0.0	-19.8
23933	1990	1	1	15	4	7	0.0	-16.8
23933	1990	1	1	18	4	6	0.0	-14.9

Рисунок 1 – Исходные данные

Далее проводились работы в самом Python, для этого использовался Colaboratory, или просто Colab, который позволяет писать и выполнять код Python в браузере. Он не требуется никакой настройки; дает бесплатный доступ к графическим процессорам; есть возможность предоставлять доступ к документам другим людям посредством ссылки.

Данный код позволяет рассчитать сколько сроков подряд была зафиксирована максимальная скорость ветра. Использовались такие библиотеки как pandas и openpyxl. Первый модуль используется

для обработки и анализа табличных данных. Модуль openpyxl — это библиотека Python для чтения/записи форматов Office Open XML (файлов Excel 2010) с расширениями xlsx/xlsm/xltm/xlsm. Программа считывает каждую строчку и если значения скорости ветра совпадают, то она считает сколько раз это было, так только значение меняются, счетчик сбрасывается и цикл начинается по новой (рис. 2). После того, как все данные были проверены, программа создает файл Excel в который записываются все результаты.

```
import pandas as pd
from openpyxl import Workbook

t = pd.read_excel('23933.xlsx')

current_number = None
sequence_length = 0
results = []

for number in t['Макс. Скорость ветра, м/с']:
    if number == current_number:
        sequence_length += 1
    else:
        if sequence_length > 1:
            results.append({'Скорость ветра, м/с': current_number, 'Кол-во сроков': sequence_length})
        current_number = number
        sequence_length = 1
    if sequence_length > 1:
        results.append({'Скорость ветра, м/с': current_number, 'Кол-во сроков': sequence_length})

wb = Workbook()
ws = wb.active
ws.append(['Скорость ветра, м/с', 'Кол-во сроков'])
for result in results:
    ws.append([result['Скорость ветра, м/с'], result['Кол-во сроков']])

wb.save('результат.xlsx')
```

Рисунок 2 – Код расчета максимальной скорости ветра

Исследование и обработка метеорологических данных с использованием программирования предоставляют множество преимуществ и возможностей. Оно позволяет автоматизировать процессы анализа и обработки данных, что значительно повышает эффективность работы и уменьшает вероятность ошибок.

Данная работа позволила автоматизировать процессы обработки данных, что сэкономило много времени и сил, которые могли бы быть затрачены на ручную обработку данных.

Также использование средств программирования, таких как Colab, предоставляет возможность работать с данными прямо в браузере, без необходимости установки дополнительного программного обеспечения. Это значительно упрощает работу и делает ее более доступной для широкого круга пользователей.

Таким образом, результаты данной научной работы подтверждают, что программирование не только облегчает работу с данными, но и позволяет раскрыть новые возможности для исследования и анализа метеорологических параметров.

### *Список литературы*

1. Билл Л. Простой Python. Современный стиль программирования. 2-е изд. / Л. Билл – СПб.: Питер, 2021. – 592 с.
2. Pandas // skillfactory media [Электронный источник] – URL: <https://blog.skillfactory.ru/glossary/pandas/>
3. Работа с файлами XLSX при помощи модуля openpyxl // Python3 [Электронный источник] – URL: <https://docs-python.ru/packages/modul-openpyxl/>

Огородников Д.М.

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ РАСЧЁТНЫХ МАКСИМУМОВ  
РАСХОДОВ ВОДЫ МАЛЫХ РЕК ПРИМОРСКОГО КРАЯ**

Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к.г.н., доцент И. А. Лисина

Затяжные дождевые паводки, обуславливающиеся выходами тайфунов, являются одним из характерных явлений для территории Приморского края и одной из важнейших причин возникновения летне-осенних выдающихся и катастрофических наводнений, которые охватывают целые бассейны рек юга Приморского края, где их повторяемость за последние 20 лет значительно увеличилась [2].

Наиболее важной характеристикой наводнений является величина возможного максимального расхода воды. На оценке вероятности превышения (обеспеченности) заданной величины максимального расхода (или уровня) в настоящее время основываются большинство мероприятий по прогнозу наводнений с целью минимизации ущерба [2]. На данный момент основным документом, регламентирующим методы выполнения гидрологических расчётов, является Свод правил по определению основных расчётных гидрологических характеристик (СП), последняя версия которого на данный момент датируется 2023 годом [4].

Однако, практика использования ряда рекомендованных в СП формул для рек Приморского края показывает, что в большинстве случаев расчётные характеристики для малых водотоков (согласно СП – реки с площадью водосбора  $< 200 \text{ км}^2$ ) определяются с высокой долей погрешности, особенно это касается определения максимальных расходов воды. При этом, в литературе, посвящённой проблемам определения максимального стока рек Приморского края, встречаются региональные формулы, основанные на иных подходах и показывающие лучшие результаты [1].

Поэтому, в рамках данного исследования на этапе предварительных расчётов было принято решение провести сравнение вычисленных с использованием утверждённой ГГИ (Государственный гидрологический институт) формулы максимальных расходов воды и по региональной методике за авторством И.Н. Гарцмана и В.А. Лебедева [1] на примере данных шести постов Приморской воднобалансовой станции [3].

В таблице 1 представлена основная информация по водосборам, в пределах которых расположены выбранные посты.

Таблица 1

**Основные сведения о водосборах**

№ п/п	Река-Пост	Площадь водосбора, $\text{км}^2$	Длина реки, км	Уклон реки, %		Уклон водосбора, %	Густота речной сети, $\text{км}/\text{км}^2$	Залесённость бассейна, %	Распаханность бассейна, %
				Средний	Средневзв.				
1	р.Комаровка (Супутинка) - п. Комаровский	60,3	13	19,9	7,9	218	1,27	100	0
2	р.Комаровка (Супутинка) - п. Центральный	157	25	12,9	7,4	260	1,79	99	0
7	р.Волха - п. Верхний	17,6	5	40,7	28	204	1,41	99	0
8	р.Волха - п. Нижний	69,5	10	25,4	17	192	1,33	99	0
9	р.Учхозный ключ(Китайский ключ) - п. Дальний(Китайский)	36,2	10	30,5	16,8	246	1,14	99	0
14	р. Глуховка - п. Мостовой	31,1	5,9	7,7	7,2	62,7	0,35	0	40

Механический состав почв для всех водосборов – суглинок, глина, заболоченные территории в их пределах отсутствуют. Результаты, полученные в ходе выполнения данной работы, представлены в графическом виде на рисунке 1. Над графическими показателями на гистограмме представлены величины расходов воды в  $\text{м}^3/\text{с}$  и погрешности их определения в процентах относительно максимального расхода воды, полученного по кривой обеспеченности максимального стока.

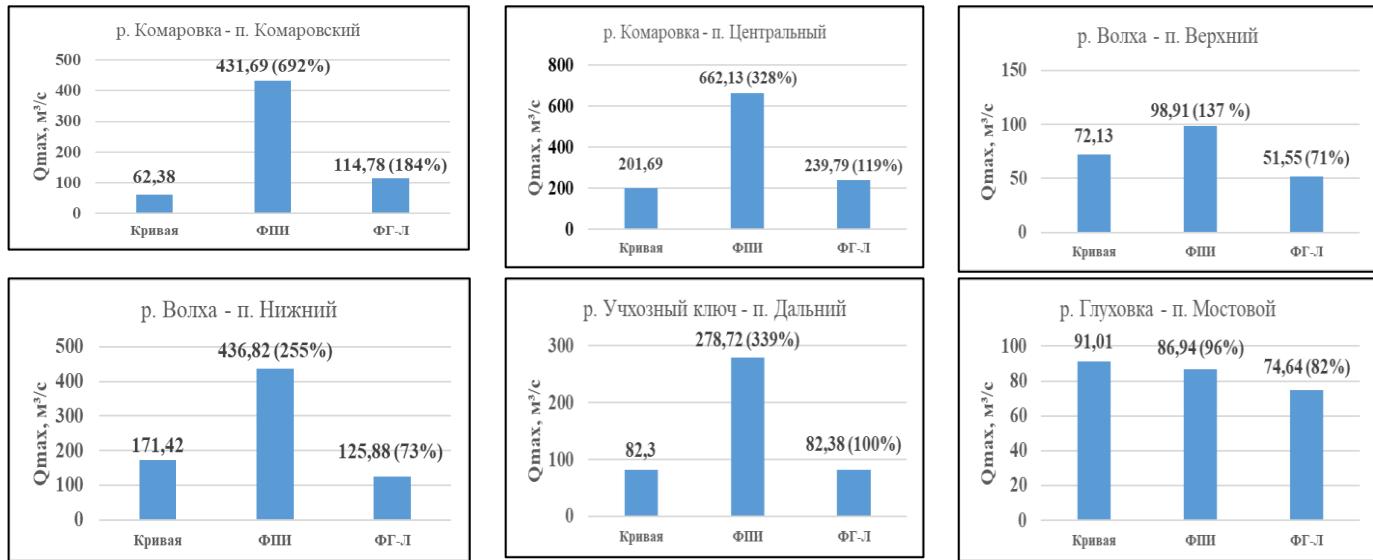


Рисунок 1 – Результаты расчета расходов воды разными методами  
(FPII – формула предельной интенсивности, FG-L – формула Гарцмана-Лебедева)

Вычисленные по формулам предельной интенсивности и Гарцмана-Лебедева максимальные расходы воды сравнивались с аналогичными величинами, полученными по кривой обеспеченности максимального стока. Сравнение результатов расчётов показало, что вычисленные по методике Гарцмана-Лебедева расходы воды во всех случаях, за исключением поста на р. Глуховка, более приближены к значениям, полученным с помощью кривых обеспеченности, чем расходы воды, рассчитанные по формуле предельной интенсивности.

Таким образом, можно сделать предварительный вывод о том, что рекомендованный в СП метод расчёта значений максимальных расходов дождевого паводка является менее эффективным, чем метод Гарцмана-Лебедева и требует получение поправочных коэффициентов, учитывающих региональные особенности малых водотоков Приморского края.

#### *Список литературы*

- Гарцман И.Н., Лебедев В.А. Расчёты максимального расхода дождевых паводков на малых реках юга Дальнего Востока. Сборник работ по методикам расчетов и прогнозов паводков на реках Дальнего Востока. – Владивосток, 1968. - 101 с.
- Короткий А.М., Коробов В.В., Скрыльник Г.П. Аномальные природные процессы и их влияние на состояние геосистем юга российского Дальнего Востока / под общ. ред. академика РАН П.Я. Бакланова. - Владивосток: Дальнаука, 2011. - 265 с.
- Материалы наблюдений Приморской воднобалансовой станции Дальневосточного научно-исследовательского гидрометеорологического института (ДВНИИГМИ). - Владивосток: Подразделение оперативной полиграфии ДВНИИГМИ.
- СП 529.1325800.2023 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик». Минстрой России. - М., 2023. -103 с.

Федорова А. Г.<sup>1</sup>

## ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

<sup>1</sup>Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к.г.н., доцент Л.Н. Василевская

Изменение климата Земли в последние годы становится все интенсивнее и заметнее. В разных уголках происходят явления, редко наблюдающиеся в данном месте (выпадение снега в пустыне Сахара, ледяной дождь в Приморском крае, катастрофические наводнения в Хабаровском и Приморском краях, и Амурской области).

В Третьем Оценочном докладе Росгидромета отмечается, что на территории ДФО, в частности в южной и восточной части, наблюдается возрастание годовых сумм осадков [1]. Более детализированный анализ наблюдаемых изменений климата может дать использование физико-географического районирования России, основанного на единстве плана морфоструктуры, орографии, речного стока и др., находящихся под влиянием воздушных масс, определяющих состав и характер биоклиматических зон [2]. Процессы, вызывающие выпадение осадков на выделенных территориях, предположительно, должны быть одинаковыми.

**Методика исследования и исходные данные:** для территории юга ДФО подходит Восточноазиатский муссонный сектор, с общностью морфоструктурной основы второго порядка – Приамурско-приморская страна (рис. 1). Она простирается с севера на юг от устья реки Уда до устья Туманной на 1450 км и с запада на восток от слияния Шилки и Аргуни до устья Амура на 1300 км, охватывая территорию областей Амурской, ЕАО, Приморского и южной части Хабаровского краёв [3].

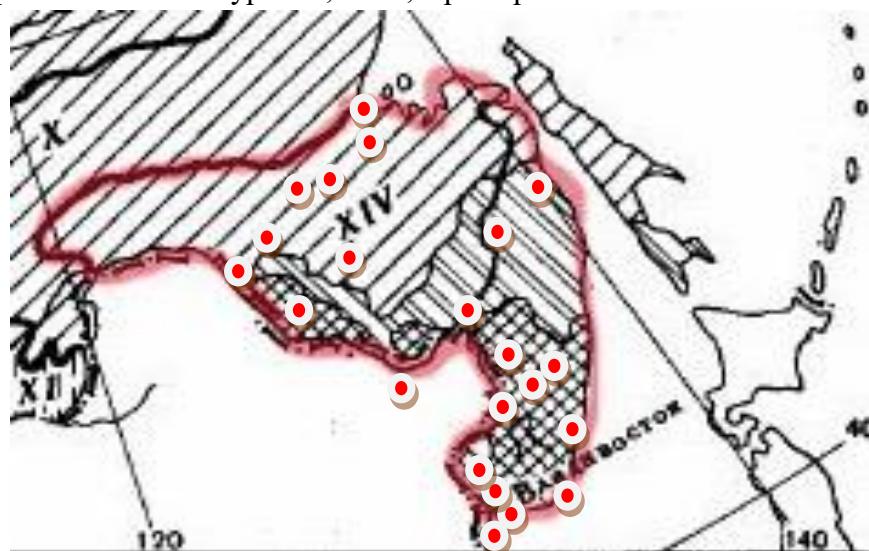


Рисунок 1 – Границы исследуемого региона, Приамурско-Приморская страна [2] и расположение метеорологических станций

В исследовании используются месячные количества осадков на метеостанциях Амурской области, ЕАО, Приморского и юга Хабаровского краёв (<http://aisori-m.meteo.ru/>), расположенных равномерно по территории за 1967-2023 гг. На их основе рассчитаны годовые значения, с последующим использованием этих данных для расчета коэффициентов наклона линейных трендов (КЛНТ) и коэффициента детерминации ( $R^2$ ). Последний рассчитан для 5% уровня значимости и его пороговое значение для 56-летнего ряда равно 0,068 [4]. На основе интегрально-разностных кривых рассмотрены циклические колебания аномалий (отклонений от нормы), их положительная и отрицательная динамика.

**Результаты исследования:** почти по всей исследуемой территории наблюдается тенденция роста годовых сумм осадков (таблица), однако устойчивость в динамике изменения осадков отмечается в Хабаровском крае (Солекуль, Хабаровск, Им. Полины Осипенко), в Амурской области (Норск), ЕАО (Екатерино-Никольское) и на большинстве метеостанций Приморского края (где вносят свой вклад в повышение летние осадки). Большая часть станций имеет значительный положительный тренд, исключение составляют три метеостанции: две в Амурской области (Софийский прииск и Благовещенск) и одна – в континентальной части Хабаровского края (Солекуль), которые указывают на понижение осадков. Значительнее всего годовые осадки повышаются на трёх внутриконтинентальных станциях (им. Полины Осипенко, Солекуль и Пограничный).

Таблица

Коэффициенты наклона линейных трендов (КЛНТ) годовых сумм осадков (мм/год)  
и коэффициенты детерминации ( $R^2$ )

Станция	КЛНТ	$R^2$	Станция	КЛНТ	$R^2$
Черняево	0,02	0,000	Чекунда	0,144	0,000
Экимchan	0,107	0,000	Солекуль	<b>-2,463</b>	<b>0,068</b>
Большой Шантар	0,174	0,000	Екатерино-Никольское	1,307	0,024
Норск	0,967	0,023	Хабаровск	1,402	0,028
Им. Полины Осипенко	<b>2,169</b>	<b>0,135</b>	Советская гавань	0,388	0,001
Софийский прииск	<u>-0,072</u>	0,000	Рудная пристань	1,154	0,009
Благовещенск	<u>-0,109</u>	0,000	Красный Яр	0,379	0,002
Дальнереченск	0,058	0,009	Мельничное	1,401	0,029
Терней	1,852	0,024	Пограничный	<b>2,256</b>	<b>0,081</b>
Преображение	2,508	0,051	Владивосток	3,06	0,056
Тимирязевский	0,207	0,064	Посыет	2,858	0,058

Из анализа интегрально-разностных кривых следует, что все станции Приморского края и прибрежные станции других регионов ДФО имеют четко выраженный многолетний цикл сначала с преобладанием положительных, а затем отрицательных аномалий годовых осадков. Однако, в основном в 21 столетии, фаза снижения осадков сменилась фазой повышения: самое раннее увеличение началось с 1988 г (ст. Посыет), с 1994 года (Большой Шантар), а на остальных станциях – с 2005 по 2010 гг. Тенденция к повышению отмечается на большей части исследуемого региона и продолжается в XXI веке по сегодняшний день. Снижение же годовых сумм осадков происходит с 1993, 1999 и 2000 гг. на станциях Софийский прииск (Хабаровский край), Солекуль и Благовещенск (Амурская область) соответственно.

#### Список литературы

1. Третий оценочный доклад / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2022. – 678 с.
2. Ивашинников Ю. Физическая география Восточной Азии / Издательство Дальневосточного университета, 2002 – 566 с.
3. Ивашинников Ю. Физическая география и природные ресурсы Дальнего Востока России / Издательство Дальневосточного университета, 2010 – 339 с.
4. Брукс К. Применение статистических методов в метеорологии / Брукс К., Карузерс Н., Гидрометеоиздат, 1963 – 144 с.

Шпак А.С.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГИС В ОБЛАСТЯХ ОТЛИЧНЫХ ОТ НАУК О ЗЕМЛЕ

Департамент компьютерно-интегрированных производственных систем ПИ ДВФУ

Научный руководитель – к.г.н., доцент И. А. Лисина

Развитие информационных и компьютерных технологий способствовало появлению инноваций в различных областях жизнедеятельности человека. Всё чаще геоинформационные технологии применяются в морских отраслях. Причём решения на основе технологии геоинформационных систем широко применяются не только для всестороннего изучения просторов мирового океана и его дна, но и в таких прикладных видах деятельности, как сфера водного транспорта, морской навигации, мониторинга различных процессов в портах и даже судостроения.

Геоинформационная система (ГИС) - система, которая обеспечивает сбор, хранение, переработку, анализ информации, связанной с географией объектов, т.е. это пакет сведений о разнородных элементах местности, записанных в цифровом формате (цифровые и электронные карты, а также цифровые модели местности различного назначения). ГИС технологии представляют собой взаимосвязь геоинформатики, дистанционного зондирования и картографических методов. В настоящее время они используются во всех областях деятельности человека, причем сферы их применения достаточно широкие (рис. 1). Наиболее популярными информационные системы стали в таких отраслях, как логистика, транспорт, экология, недвижимость, телекоммуникационные системы и многие другие.



Рисунок 1 - Области применения ГИС [1]

Морское сообщество в настоящее время применяет две технологии управления флотом и точности решения задач навигации: системы высокоточной навигации (ГЛОНАСС и GPS) и ГИС [3]. Особого внимания заслуживает вопрос применения ГИС на морском транспорте. ГИС объединяет в себе множество данных, такие, как топографические карты, данные дистанционного зондирования, систему управления движением судов. С точки зрения судоводителя к таким данным также относятся сведения гидрологического, гидрометеорологического и гидрографического характера.

Основными видами цифровых карт, используемых в судовождении, являются растровые и векторные. Растровые карты представляют собой сканированные, оцифрованные копии морских навигационных карт и имеют ряд недостатков, таких, например, как значительное изменение масштаба карты, которое приводит к потере качества изображения, отсутствие возможности работы со слоями цифровой карты; узкий диапазон масштабирования. Векторные карты представляют собой базу данных о географических объектах на цифровой карте (батиметрия, опасные объекты, места стоянок и т.д.). Юридическим эквивалентом бумажных навигационных карт являются электронно-картографические системы (ЭКС). Электронные навигационные карты ЭНК — это разновидность морских навигационных карт, которые приспособлены для отображения на экране персонального компьютера. Такие технологии позволяют разрабатывать функциональные навигационные системы.

Всю хранящуюся и вновь поступающую в ГИС информацию можно отображать на электронных картах в 2D и 3D виде, создавать наглядные модели объектов портового комплекса и рабочих процессов, проводить пространственно-временной анализ статичных данных и потоков данных, поступающих в режиме реального времени. Имеются также специализированные решения для создания морских навигационных карт и управления их коллекциями, удобные программные средства для поддержки и контроля внутрипортовых операций, типовые шаблоны и инструменты разработки интегрированных корпоративных приложений под задачи, определяемые заказчиком [2].

Формирование трехмерной ГИС-модели предприятия, представляющую собой текущую ситуацию и планировочные решения нашло применение при разработке концепций решения «Цифровая верфь» в рамках информационных моделей судостроительных предприятий. Трехмерные информационные модели зданий и сооружений привязываются к единой системе координат цифрового генплана в среде геоинформационной системы. Таким образом создается цифровой двойник верфи (рис. 2).



Рисунок 2 - ВИМ-модель цеха на “электронной подложке” – генплане, созданном с использованием ГИС [4]

ГИС решения с каждым годом становятся всё более востребованы и получили огромное развитие. Возможности современных открытых ГИС-пакетов являются достаточными для решения реальных задач, т.е. технологии ГИС предоставляют мощный функционал для совместной работы с разнообразными данными в единой информационной среде на основе универсального критерия, в качестве которого выступает географическое местоположение объектов, явлений и событий.

#### *Список литературы*

1. Ардельянов Н.П. Роль и место геоинформационных технологий в управлении морским транспортом // Эксплуатация морского транспорта. – 2021. – №2 (99). – С. 35-42.
2. Гохман В.В., компания Esri CIS. — Режим доступа: <https://arcreview.esri-cis.ru/2015/10/17/gis-for-%D0%B4%D0%BB%D1%8F-ports-and-maritime-navigation/>
3. Лобанов, А. А. Применение глобальных навигационных спутниковых систем для поддержки интеллектуальных транспортных систем // Образовательные ресурсы и технологии. - 2014. - № 5 (8). - 175 с.
4. Информационное моделирование производственной инфраструктуры судостроительного предприятия. – Режим доступа: <https://icad.spb.ru/articles/200/>

## Раздел IV МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

Горин В.А.

### РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА, ПРИЗВАННОЙ ПОВЫСИТЬ ТОЧНОСТЬ ЕГО ПОСАДКИ

Департамент автоматики и робототехники ИМО ДВФУ

Дальневосточный федеральный университет

Научный руководитель - к.т.н., доцент А.С. Губанков

На данный момент во всем мире наблюдается тенденция повсеместного развития и внедрения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Их распространение упрощает и удешевляет выполнение многих задач в совершенно разных сферах человеческой деятельности. Разработчики стремятся сделать БПЛА более автономными и функциональными, решая для этого широкий спектр задач. Одной из таких задач является задача повышения точности посадки БПЛА.

Для решения задачи повышения точности посадки БПЛА было предложено создание информационно-управляющей системы, которая могла бы определять координаты и ориентацию относительно БПЛА посадочной платформы с расположенным на ней специальным маркером с помощью технологии компьютерного зрения и на основе полученных данных, управляя движением БПЛА, корректировать его положение во время посадки.

Предложенная система была реализована с использованием одноплатного микрокомпьютера, видеокамеры и полетного контроллера Pixhawk, установленного на БПЛА.

Видеопоток с камеры обрабатывался в режиме реального времени с частотой 20 Гц на микрокомпьютере с целью обнаружения маркеров ArUco, их идентификации и определения положения. После этого проводились преобразования полученных координат и формирование на их основе необходимых команд управления, которые передавались в полетный контроллер Pixhawk с помощью протокола MAVLink.

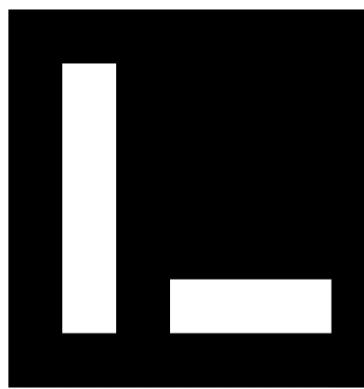


Рисунок 1 – Маркер ArUco

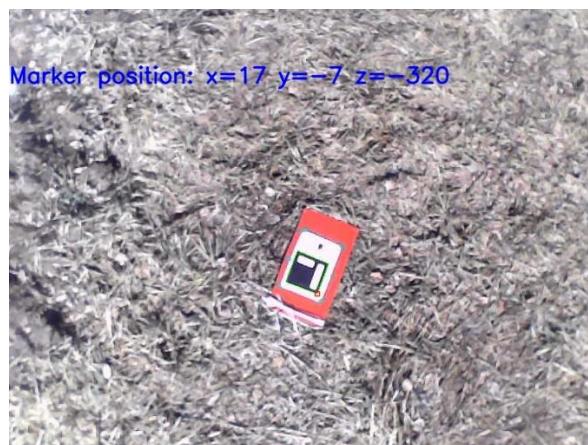


Рисунок 2 – Изображение с камеры БПЛА при испытаниях

Проведенные натурные испытания показали работоспособность полученной системы. При использовании видеокамеры с разрешением 800x600 пикселей удалось добиться обнаружения ArUco маркера размером 18 на 18 сантиметров с высоты 6 метров и посадки БПЛА на площадку с точностью до 30 сантиметров.

*Список литературы*

1. ArduPilot Documentation // ArduPilot Official Website [Электронный источник] – URL: <https://ardupilot.org/ardupilot/>
2. PIXHAWK User Manual // Radiolink Electronic Limited Official Website [Электронный источник] – URL: [https://www.radiolink.com/pixhawk\\_manual](https://www.radiolink.com/pixhawk_manual)
3. OpenCV: Detection of ArUco Markers // OpenCV Official Website [Электронный источник] – URL: [https://docs.opencv.org/4.x/d5/dae/tutorial\\_aruco\\_detection.html](https://docs.opencv.org/4.x/d5/dae/tutorial_aruco_detection.html)
4. MAVROS Documentation // ROS Official Website [Электронный источник] – URL: <http://wiki.ros.org/mavros#Usage>
5. ROS Documentation // ROS Official Website [Электронный источник] – URL: <https://wiki.ros.org/melodic/Installation/Ubuntu>

---

Белоусов М.Д.<sup>1,2</sup>

**СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОМ ПОДВОДНОГО АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОНОКУЛЯРНОЙ ВИДЕОКАМЕРЫ И ЛАЗЕРНОГО ДАЛЬНОМЕРА**

<sup>1</sup>Департамент автоматики и робототехники ИМО ДВФУ

<sup>2</sup>Институт проблем морских технологий им. академика М.Д. Агеева ДВО РАН

<sup>1</sup>Научный руководитель – д. т. н., В. Ф. Филаретов

Автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА) применяются для выполнения различных видов работ и являются незаменимым средством в освоении мирового океана. В случае оснащения АНПА многозвенным манипулятором становится возможным выполнять сложные технологические операции. Наиболее перспективным выглядит использование манипулятора АНПА совместно с бортовой системой технического зрения, способной распознавать объекты работ. Уже существуют системы, использующие стереокамеры для формирования целеуказаний манипулятору и специальные маркеры, закрепленные на схвате манипулятора [1]. Однако использование дорогостоящей стереокамеры при большой глубине погружения АНПА осложнено ее значительными габаритами и существенными искажениями на периферии изображений, а введение специальных маркеров на схвате манипулятора не всегда возможно из-за конструкций схвата.

Предложенный способ подразумевает использование специального АНПА, оснащенного многозвенным манипулятором, и откалиброванной в его рабочей зоне очень компактной и дешевой монокулярной видеокамеры [2], а также лазерным дальномером, установленном в двухстепенном подвесе (см. рисунок 1). Работа манипулятора начинается с поиска характерной точки на обнаруженном объекте работ, в которую необходимо вывести схват с использованием бортовой системы технического зрения (СТЗ) АНПА.

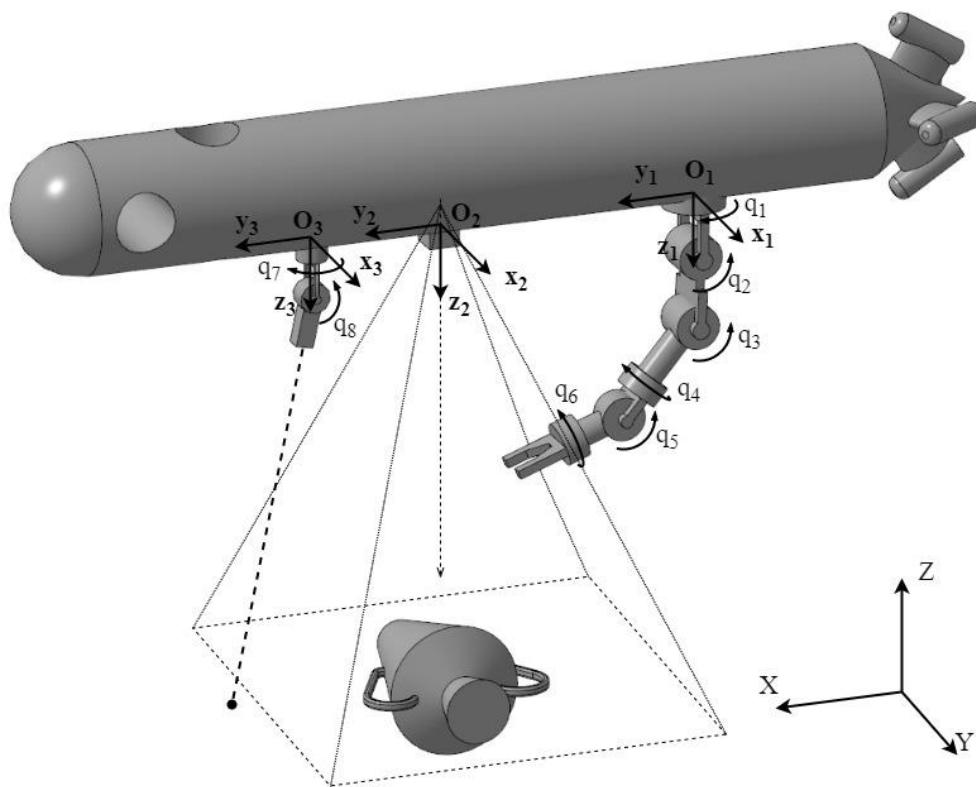


Рисунок 1 - Обобщенная схема подводного аппарата

Для определения пространственных координат указанной характерной точки на нее по специальному предложеному алгоритму в разработанной последовательности направляется луч лазерного дальномера с использованием двухстепенного подвеса и созданной системы управления. После того, как СТЗ зарегистрирует совпадение светового пятна луча лазерного дальномера с характерной точкой объекта работ, формируются пространственные координаты этой точки с учетом представленной на рисунке конфигурации позиционера. Выявленные координаты также уточняются с использованием данных, получаемых от видеокамеры, переводятся в систему координат манипулятора по созданному алгоритму, а затем отправляются в бортовую систему управления манипулятором для вывода его схвата с рабочим инструментом в характерную точку объекта работ с помощью штатной системы управления.

После этого с использованием уже разработанной системы начинают выполняться все задаваемые манипуляционные операции по непрерывно формируемым пространственным траекториям.

Практическая реализация предложенного нового способа точного управления подводным манипулятором с помощью монокулярной видеокамеры и дальномера не требует присутствия оператора и выполняется в полностью автономном режиме.

#### Список литературы

1. Юрманов А.П., Панчук М.О., Коноплин А.Ю. Метод коррекции траекторий рабочего органа многозвездного манипулятора необитаемого подводного аппарата // Подводные исследования и робототехника. 2023. №. 4(46). С. 43-51. DOI: 10.37102/1992-4429\_2023\_46\_04\_04.
2. Пат. 2789190 РФ, МПК G01C 11/00 Способ калибровки подводной видеокамеры / Филаретов В.Ф., Фатеев С.И. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Севастопольский государственный университет". – № 2022104417 заявл. 2022.02.18; опубл. 2023.01.31.

Григорьев И. М.<sup>1,2</sup>

## ФОРМИРОВАНИЕ ПУТЕЙ РАВНОМЕРНОЙ ПОВЕРХНОСТОЙ ОБРАБОТКИ ОБЪЕКТОВ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

<sup>1</sup>Департамент автоматики и робототехники ИМО ДВФУ

<sup>2</sup>Институт проблем морских технологий им. академика М.Д. Агеева ДВО РАН

<sup>1</sup>Научный руководитель – к.т.н. Э.Ш. Мурсалимов

На сегодняшний день многозвенные манипуляторы активно используются для автоматизированной поверхностной обработки деталей. Например, для лазерной обработки, напыления, шлифования, чистовой фрезеровки. Все эти операции объединяет то, что при движении вдоль обрабатываемой поверхности рабочий инструмент оставляет на ней обработанную дорожку заранее известной ширины  $r$ . Линия, проходящая в ее центре, называется маршрутом воздействия рабочего инструмента (*impact path* [1]). Маршруты воздействия  $P$  инструмента должны быть построены так, чтобы после их выполнения вся заданная поверхность была равномерно обработана.

Как правило, исходная поверхность задается в виде полигональной сетки  $S$  – через набор вершин (точек, с известными координатами), ребер (отношений смежности между вершинами) и полигонов (плоских «кусочков» поверхности, построенных на ребрах). Дополнительно задаются начальные линии  $B$  построения путей (через набор вершин  $v \in S$ ) и отступ  $r$  между соседними путями.

Из множества методов построения маршрутов равномерной поверхностной обработки со сложными поверхностями работает только *метод изолиний*. Данный метод основан на расчете для каждой вершины сетки  $S$  расстояния до ближайшей вершины начальной линии  $B$ , отмеренное по поверхности (геодезическое расстояние), после чего формируется набор эквидистантных между собой линий из вершин с геодезическим расстоянием, кратным шагу построения траекторий  $r$ . Недостаток метода состоит в сложности вычисления геодезических расстояний между вершинами сетки: например, The Heat Method [2] выполняет расчет за время  $O(n \cdot \log(n))$  и требует  $O(n^{1.5})$  памяти ( $n$  – кол-во вершин сетки).

Поэтому в данной работе предложен новый метод покрытия полигональной сетки набором линий, таких, что каждая последующая линия является эквидистантой предыдущей линии; при этом вместо геодезического расстояния используется евклидово расстояние. Первая линия формируется путем построения сфер радиуса  $r$  от каждой вершины начальной линии  $B$ : все вершины и ребра, полностью попавшие хотя бы в одну из сфер, удаляются, а на оставшихся ребрах, пересеченных сферами, в местах пересечения формируются новые вершины. Новые построенные вершины являются искомой эквидистантной линией на поверхности сетки. Для построения последующих линий в качестве исходной линии используется не начальная линия  $B$ , а последняя построенная линия (так же лежащая на полигональной поверхности); радиус сфер при этом не меняется. Таким образом, построение линий происходит вдоль поверхности, несмотря на то, что расстояние между соседними линиями измеряется по прямой в пространстве.

Далее для получения маршрутов обработки вершины полученных линий необходимо упорядочить. Построенные линии могут иметь разрывы (при пересечении границы поверхности), но не могут иметь «развилок». Поэтому для упорядочивания точек алгоритм находит «тупиковую» вершину линии и последовательно проходит линию через смежные вершины сетки до следующего «тупика». Полученная упорядоченная часть линии  $P_i$  добавляется в список маршрутов обработки  $P$ .

На рисунке Рисунок 2 показан результат работы алгоритма: начальная линия  $B$  показана зеленым цветом, построенные маршруты  $P$  – синим. Как видно, полигональная сетка с обеих сторон покрыта равномерно.

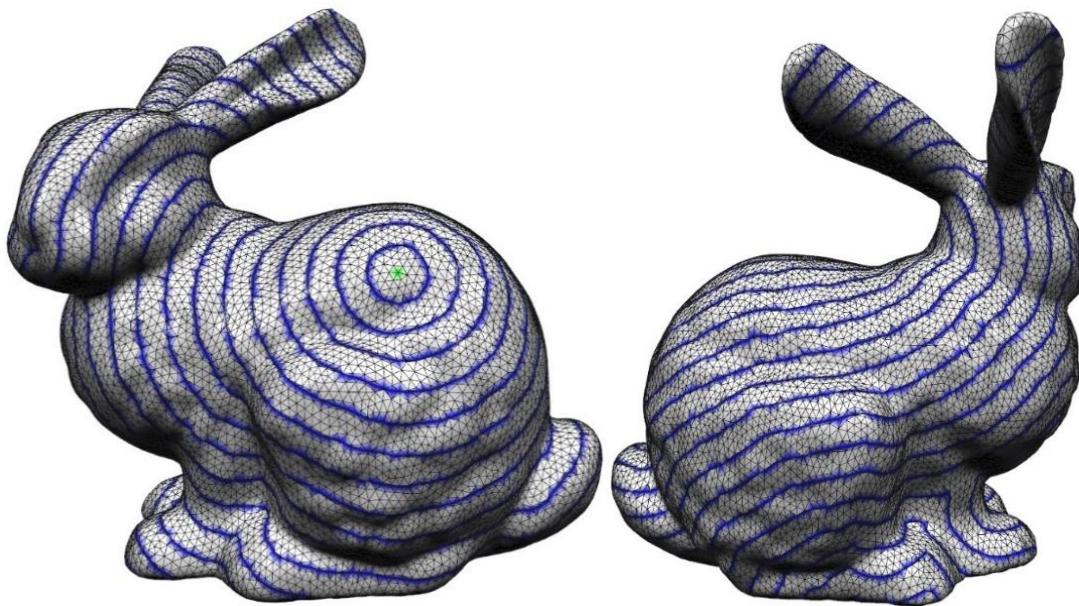


Рисунок 2 – Маршруты воздействия инструмента на модели «Stanford bunny»

Старый (The Heat Method) и новый методы были испытаны на модели с разным количеством вершин: 14, 35, 69, 99 и 127 тыс. На рисунке Рисунок 3 (слева) приведен график зависимости времени построения линий от количества полигонов модели: видно, что новый метод работает немного быстрее. Справа показана зависимость потребления оперативной памяти от количества вершин модели, без учета затрат на хранение исходной сетки: новый метод за счет простоты расчета евклидова расстояния потребляет гораздо меньше памяти, чем старый.

Таким образом, новый метод может быть полезен для формирования траекторий поверхностной обработки для мобильных роботов, чьи вычислительные ресурсы ограничены.

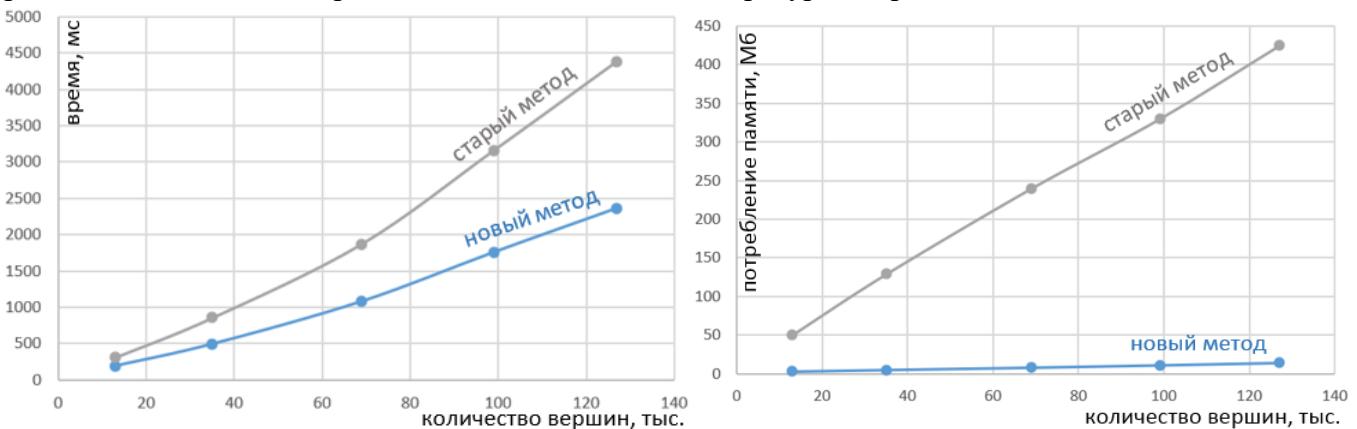


Рисунок 3 – Зависимость скорости работы алгоритмов и потребления оперативной памяти от количества вершин модели

#### Список литературы

1. Kout. Geometric and algorithmic aspects of automatic path planning with relation to spray deposition processes // Doctoral dissertation, Der Technischen Universität Dortmund. 2015. p. 4.
2. K. Crane, C. Weischedel, M. Wardetzky. Geodesics in Heat: a new approach to computing distance based on heat flow // ACM Transactions on Graphics. vol. 32. no. 3. 2013. pp. 1–11.

Андрюховский Н.В.

**МОДЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ RSSI ОТ РАССТОЯНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ  
ТЕХНОЛОГИИ BLUETOOTH LOW ENERGY НА ESP32**

Кафедра автоматики и робототехники ИМО ДВФУ

Научный руководитель - д.т.н., доцент Д.А. Юхимец

В отличии от классического Bluetooth, протокол Low Energy, выходит из спящего режима только во время передачи данных, что обеспечивает существенную экономию энергии. При передаче данных по BLE используется UUID (Universally unique identifier). Данный идентификатор есть как у сервисов, так и у характеристик, чтобы была возможность их унифицировать [1].

Для практического использования BLE, а именно для трекинга или навигации, необходимо получить зависимость распределения уровня мощности принимаемого сигнала (RSSI), от расстояния. В качестве приёмника и передатчика в работе используются микроконтроллеры ESP32, со встроенными BLE модулями. На распределение сигнала влияют следующие параметры: препятствия между приёмником и передатчиком, помехи от других источников сигнала, типы устройств и антенн, использующихся при обмене информацией, а также их взаимная ориентация. При получении зависимости RSSI от расстояния, основная проблема возникает именно при калибровке устройств, тк математическая модель (Рис. 1) включает в себя 2 параметра, зависящие от оборудования.

$$u = u_* - 10n \log_{10}(d/d_*)$$

Рисунок 1 – Математическая модель зависимости RSSI от расстояния

Где  $u_*$  и  $d_*$  расстояние и уровень сигнала при калибровке.  $n$  – коэффициент распространения сигнала в среде.[2]

В работе проводится калибровка ESP32 в системе XY. В качестве координатной сетки применяется выложенный плиткой 60x60см пол, на стыках плит располагаются микроконтроллеры (Рис. 2).

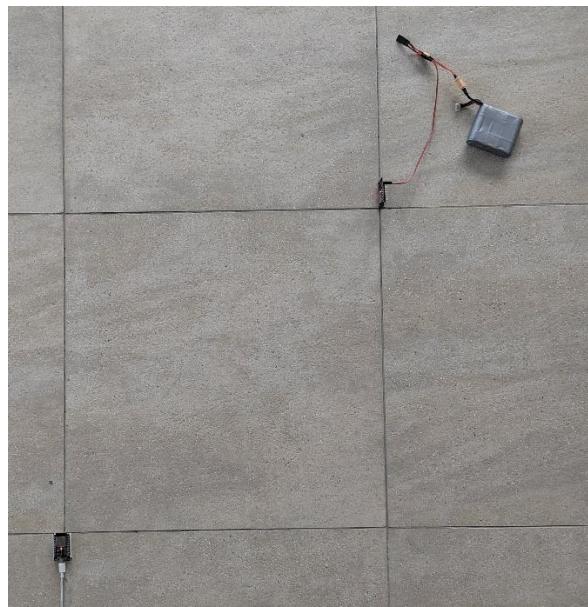


Рисунок 2 – Экспериментальная установка

При сборе данных применяются следующие цифровые фильтры: медианный, для избавления от некорректных значений, вызываемых шумами, и фильтр среднего, тк значения RSSI имеют большую дисперсию. При сборе значений выяснилось, что диаграмма направленности BLE сигнала на ESP32 имеет боковые лепестки, из-за чего в определённых зонах сигнал ведёт себя особенным образом. После

анализа данных и их аппроксимации, получается модель, зависимости RSSI от расстояния и ориентации, что позволяет использовать микроконтроллеры ESP32 в качестве BLE маячков для систем трекинга или навигации.

### *Список литературы*

1. Ble advertising primer [Электронный источник] – URL: <https://www.argenox.com/library/bluetooth-low-energy/ble-advertising-primer/>
2. Accuracy of Indoor Navigation with Bluetooth Beacons / Grinyak V. Shurygin A. Devyatilnyi A [Электронный источник] – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8933835>

---

Найданова И.Е.<sup>1</sup>

## **СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ**

<sup>1</sup>Департамент автоматики и робототехники ИМО ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель - к.т.н., доцент А.С. Губанков

Отслеживание движущихся объектов (трекинг) является одной из развивающихся областей исследования. Основными трудностями, с которыми приходится сталкиваться при отслеживании движущихся объектов, являются низкая частота обновления вектора измерений и наличие большого числа ложных измерений (помех). Существуют различные методы объединения данных, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки. Для слежения за объектами часто используется метод ближайшего соседа [1–3] и различные вероятностные методы [2,3]. В последнее время все большее распространение получают интеллектуальные методы, в частности методы, основанные на нечеткой логике [4].

Разработанный алгоритм состоит из двух основных этапов: этапа обнаружения движущихся объектов и этапа последующего сопровождения обнаруженных объектов. В начале работы алгоритма выполняется лишь этап обнаружения. После обнаружения первого движущегося объекта начинает свою работу этап сопровождения. С началом работы этапа сопровождения этап обнаружения продолжает свою работу, что позволяет обнаруживать и сопровождать объекты, которые появились в зоне видимости в любое время после запуска алгоритма.

Для восстановления вектора состояния в работе применяется расширенный фильтр Калмана. Прежде чем корректировать спрогнозированные значения параметров вектора состояния, необходимо выделить реальное измерение для каждого из отслеживаемых объектов среди помех. Для выделения реальных измерений среди ложных измерений в работе используется 3 метода: метод ближайшего соседа, (kNN), вероятностный метод объединения данных (PDA), а также нечеткая логика (FL), – и приводится сравнение результатов их работы.

Метод ближайшего соседа работает следующим образом: прогнозируется следующее положение движущегося объекта, а затем оцениваются расстояния от прогнозного положения объекта до каждого из новых измерений, полученных на текущей итерации, и выбирается ближайшее среди них. Если выбранное измерение попадает в область обнаружения (круг заданного радиуса, где центр круга – прогнозное положение движущегося объекта), то оно присваивается траектории объекта.

В отличие от kNN, вероятностный метод объединения данных позволяет более мягко определить новое измерение объекта. Выделяются все измерения, попадающие в эллипс (область обнаружения),

после чего вычисляется средневзвешенное значение этих измерений. Это позволяет получить более точную оценку измерения объекта.

В то время как методы kNN и PDA представляют собой готовые алгоритмы и позволяют выделять измерения объектов лишь по отклонениям их координат, методы нечеткой логики позволяют получить нечеткие заключения о выборе реального измерения объекта среди помех на основе нечетких правил, а главным преимуществом использования нечеткой логики является возможность принимать решение, оценивая одновременно несколько входных параметров. Таким образом, использование нечеткой логики позволяет выбирать реальные измерения объектов, основываясь не только на расстоянии от прогнозного значения до нового измерения, но также на оценках линейной и угловой скоростей.

Результаты моделирования разработанного алгоритма на сгенерированных данных с использованием трех обозначенных методов (рисунок 1) показали, что движущиеся объекты отслеживаются с использованием каждого из рассмотренных методов.

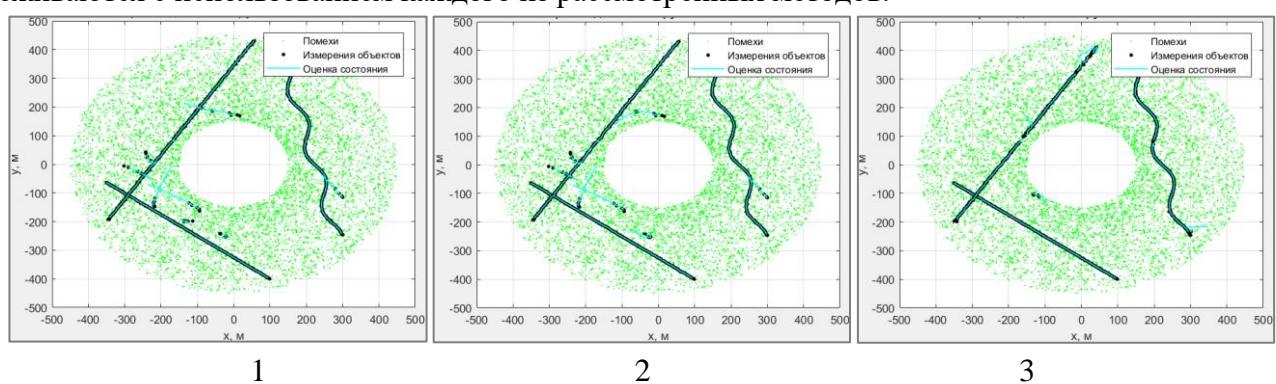


Рисунок 1 – Результат отслеживания движущихся объектов с помощью  
1 – метода kNN, 2 – метода PDA, 3 – метода FL

Отслеживание движущихся объектов с использованием методов kNN и PDA дало близкие результаты, хотя с помощью метода PDA было выделено меньше ложных объектов при рассмотренных ограничениях. При использовании методов нечеткой логики обнаруживается значительно меньше ложных измерений, что говорит о его лучшей работе по сравнению с двумя другими методами. Это связано с тем, что измерение движущегося объекта выбирается на основе нескольких параметров.

#### Список литературы

1. Соловей, О.П. Алгоритм трекинга объектов реальном времени с обработкой ошибок / О.П. Соловей, Н.Н. Иванов // Доклады БГУИР. – Минск: БГУИР, 2013. – № 6 (76). – С. 31–35.
2. Thomas, T. Comparison of Nearest Neighbor and Probabilistic Data Association Filters for Target Tracking in Cluttered Environment / T. Thomas, S. Sreeja // 2021 IEEE 6th International Conference on Computing, Communication and Automation. – Arad, Romania, 2022. <https://doi.org/10.1109/ICCCA52192.2021.9666392>
3. Ворошилина, Е.П. Анализ методов автоматического сопровождения целей по дальности / Е.П. Ворошилина, В.И. Тисленко // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. – № 8. – С. 67–71.
4. Белов, С.Г. Использование нечеткой логики при отождествлении воздушных радиолокационных объектов в процессе их многоцелевого сопровождения / С.Г. Белов // Журнал радиоэлектроники. – 2017. – № 5. – 16 с.

Пятавин П.А.<sup>1</sup>, Коноплин А.Ю.<sup>1</sup>

## МЕТОД СОГЛАСОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖИТЕЛЯМИ ПОДВОДНОГО АППАРАТА И ПРИВОДАМИ БОРТОВОГО МАНИПУЛЯТОРА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕДУРЫ СТЫКОВКИ

<sup>1</sup>Институт проблем морских технологий им. академика М.Д. Агеева ДВО РАН

Научный руководитель – к.т.н., заместитель директора по научной работе Коноплин А.Ю.

С развитием технологий автономных и гибридных НПА выдвигаются все более высокие требования к времени их автономной работы, эффективности и стоимости выполнения различных работ. При этом обслуживание подводных добывочных комплексов в условиях сложной ледовой обстановки требует использования НПА нового поколения [1], способных базироваться на специальных станциях подводного базирования, где осуществляется зарядка аккумуляторных батарей аппаратов, а также передача информации, собранной ими в процессе выполнения операций. Такие аппараты способны обеспечивать круглогодичное обследование технических сооружений и трубопроводов без использования судов сопровождения. При этом для расширения функциональных возможностей на эти НПА устанавливают ММ, благодаря которым становится возможным очистка сооружений от заиливаний и обрастаний, взаимодействия с манифольдами, измерение катодного потенциала, установка инклинометров и другие манипуляционные операции.

В настоящее время уже разработаны различные системы стыковки НПА с различными подводными сооружениями, имеющими специализированные СП. В частности, процедура стыковки НПА со СП производится с помощью специальных «ловушек» [2] или посадочных гаков [3], однако если НПА обладает системой динамической стабилизации и развитым движительно-рулевым комплексом, посадку и дальнейшую стыковку можно произвести и без применения специальных причальных устройств. Известные подходы, основанные на применении «ловушек», затруднительны в реализации для крупных НПА, имеющих сложную форму или оснащенных манипуляторами [4]. Кроме того, автоматическая стыковка НПА со СП — это сложная задача, требующая решения проблем, связанных с обнаружением посадочной платформы и точным позиционированием НПА [5,6]. Также отсутствует универсальность стыковочного соединения, и каждая «ловушка» совместима только с НПА, для которого она разрабатывалась [7,8].

Поэтому в данной работе предложен новый метод автоматической стыковки необитаемых подводных аппаратов (НПА), оснащенных многозвездными манипуляторами (ММ), с подводными стыковочными платформами (СП), которые могут иметь произвольную пространственную ориентацию. Этот метод предполагает захват схватом ММ универсального крепления (штанги), установленного на СП, с последующей стыковкой аппарата за счет автоматического изменения конфигурации манипулятора. При этом с учетом текущего взаимного расположения СП и НПА автоматически формируется желаемая траектория движения схвата манипулятора с его изменяемой ориентацией, обеспечивающая необходимые перемещения корпуса НПА в направлении СП. Поскольку при отработке стыковочной траектории на удерживающийся схват ММ неизбежно будут воздействовать силы и моменты, приводящие к срыву операции стыковки, предложено компенсировать указанные негативные динамические воздействия, рассчитываемые в реальном масштабе времени, с помощью тяг, создаваемых движителями НПА. Работоспособность и эффективность предложенного метода подтверждены с помощью численного моделирования в Matlab/Simulink.

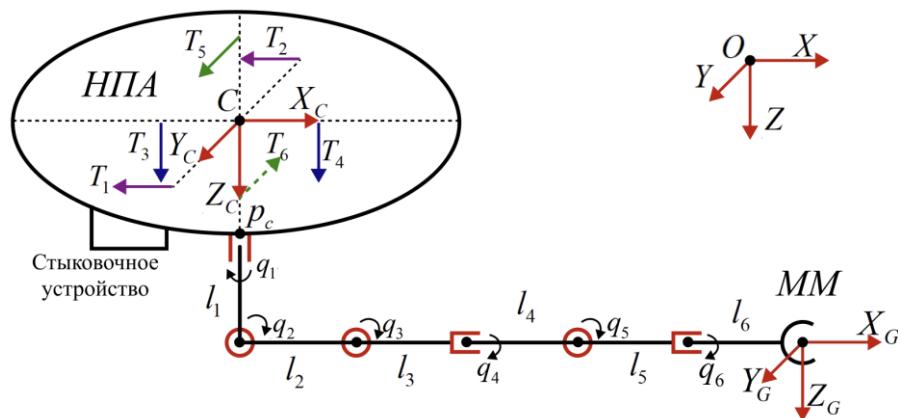


Рисунок 1 – Пример кинематической схемы стыкуемого НПА, оснащенного ММ

#### *Список литературы*

1. Kiselev L.V., Kostenko V.V, Medvedev A.V., Specific features of a hybrid underwater vehicle motion dynamic model // Underwater Investigation and Robotics. 2021. No. 1(35). P. 18–30.
2. Yazdani A.M., Sammut K., Yakimenko O.A. et al., A survey of underwater docking guidance systems // Robotics and Autonomous Systems (2019).
3. Fukasawa T., Noguchi T., Kawasaki T., Baino M., "MARINE BIRD", a new experimental AUV with underwater docking and recharging system // Oceans 2003, Teaming Toward the Future, 2003, pp. 2195-2200 Vol.4.
4. Palomeras N. et al., I-AUV docking and intervention in a subsea panel // 2014 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2014, pp. 2279-2285.
5. Teo K., An E., Beaujean P. J., A Robust Fuzzy Autonomous Underwater Vehicle (AUV) Docking Approach for Unknown Current Disturbances // IEEE Journal of Oceanic Engineering, vol. 37, no. 2, pp. 143-155, April 2012.
6. Page B.R., Lambert R., Chavez-Galaviz J. and Mahmoudian N. Underwater Docking Approach and Homing to Enable Persistent Operation // Front. Robot. AI 8:621755.
7. Attilio Brighenti, Libero Zugno, Fernando Mattiuzzo , Albedo Sperandio // EURODOCKER - A Universal Docking - Downloading Recharging System for AUVs: Conceptual Design Results
8. Coulson R., Lambotte J.C., Grenon G., Pantelakis T., Curran J., An A., Development of a modular docking sub-system for 12 class autonomous underwater vehicles // Oceans '04 MTS/IEEE Techno-Ocean '04. 2004. P. 1745-1749

---

Ткалич Р.Е.

#### **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМИ РОБОТАМИ**

Институт мирового океана ДВФУ

Департамент автоматики и робототехники

Научный руководитель - к.т.н., доцент А.А. Кацурин

Создание современных робототехнических систем для работы в опасных и труднодоступных местах сегодня крайне важно, особенно при ликвидации аварий, где человеку угрожает опасность из-за непредсказуемой внешней среды. В таких условиях информация об окружении часто неполна, требуя постоянного уточнения и корректировки решений на основе новых данных.

Работы в таких условиях обычно сложны и трудно полностью автоматизировать, поэтому часто используется полуавтоматическое управление [1-2]. Однако, когда камера установлена на подвижной платформе, оператору сложно точно управлять рабочим органом, ориентируясь только по изображению на мониторе. Это приводит к частым ошибкам, дополнительной нагрузке и снижению производительности.

Существующие методы полуавтоматического управления не решают эффективно эту проблему, поэтому разработка новых методов и алгоритмов для эффективного управления роботом при изменении позиции и ориентации камеры остается актуальной. Рассмотрим общий вид синтезируемой позиционной полуавтоматической системы телевидения (см. рис. 1).

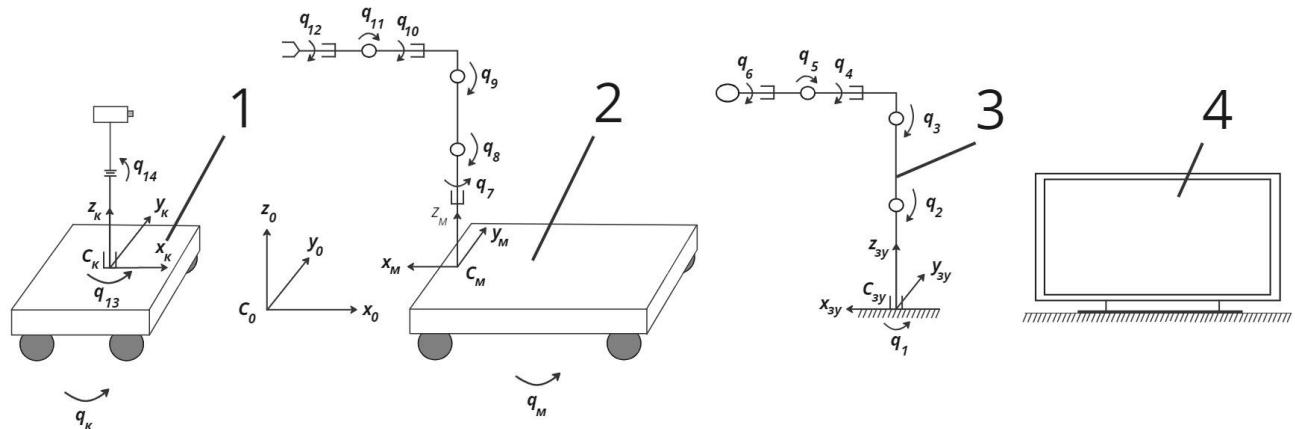


Рисунок 1 – Система управления

1 – Платформа с камерой, 2 - Платформа с многозвездным манипулятором (ММ),  
3 - Задающее устройство (ЗУ), 4 - Телемонитор

Помимо решенной обратной задачи кинематики для шести степенных ЗУ и ММ, имеющих одинаковую кинематическую схему, в данной системе необходимо учесть изменение ориентации камеры, для этого нужно определить матрицу, которая связывает СК ЗУ и ММ. Для оператора, наблюдающего за движением ММ по изображению на экране монитора СК ЗУ и СК камеры совпадают, поскольку это плоское изображение и экран телемонитора неподвижен. Связь между СК ЗУ и ММ зависит только от текущей ориентации оптической оси телекамеры, а также ориентации платформы с камерой и платформой с манипулятором. Следовательно, необходимая матрица определяется следующим образом:

$$\begin{aligned}
 A_{3y}^M &= T_{zy} T_{z13} T_{x14} \\
 &= \begin{bmatrix} c_\gamma & -s_\gamma & 0 & 0 \\ s_\gamma & c_\gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_{q_{13}} & -s_{q_{13}} & 0 & 0 \\ s_{q_{13}} & c_{q_{13}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & c_{q_{14}} & -s_{q_{14}} & 0 \\ 0 & s_{q_{14}} & c_{q_{14}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \\
 &= \begin{bmatrix} c_{q_{13}}c_\gamma - s_{q_{13}}s_\gamma & -c_{q_{14}}(c_{q_{13}}s_\gamma + s_{q_{13}}c_\gamma) & s_{q_{14}}(c_{q_{13}}s_\gamma + s_{q_{13}}c_\gamma) & 0 \\ c_{q_{13}}s_\gamma + s_{q_{13}}c_\gamma & c_{q_{14}}(c_{q_{13}}c_\gamma - s_{q_{13}}s_\gamma) & -s_{q_{14}}(c_{q_{13}}c_\gamma - s_{q_{13}}s_\gamma) & 0 \\ 0 & s_{q_{14}} & c_{q_{14}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Рисунок 2 – Матрица учитывающая изменение ориентации камеры [3]

где  $c_q = \cos(q)$ ,  $s_q = \sin(q)$ ,  $\gamma = q_k - q_m$  - разность между углами поворота платформы камеры и манипулятора,  $q_{13}, q_{14}$  – углы изменения ориентации камеры.

В начале моделирования исходное положение ЗУ и ММ, а также углы изменения ориентации камеры принимаются равными нулю  $q_1 \dots q_{14} = 0$ , а платформу с манипулятором отклоним на угол

$q_m = \pi / 12$ , в то время как платформа с камерой стоит прямо  $q_k = 0$ . Далее углы ЗУ и ММ  $q_1 \dots q_{12}$  изменяются в последствии движения к объекту.

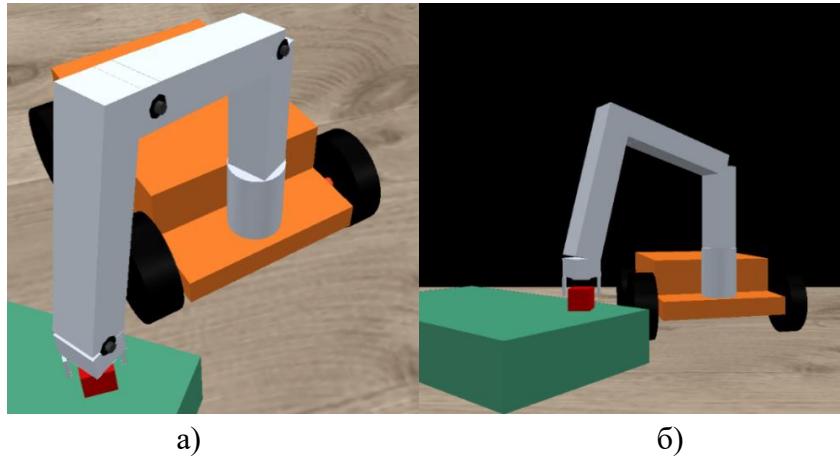


Рисунок 2 – Результаты моделирования

Из рисунков 2а (вид сверху) и 2б (вид с камеры) можно сделать вывод, что при повороте платформы с манипулятором и отсутствии изменений ориентации камеры, схват манипулятора подходит к объекту с желаемой ориентацией, несмотря на то что платформа с манипулятором повернута, что происходит из-за отсутствия изменения ориентации камеры, что говорит о правильности работы алгоритма.

#### *Список литературы*

1. Tarca R., Pasc I., Tarca N., Popentiu-Vladicescu F. Remote robot control Via Internet Using Augmented Reality // Proc. of the 18th DAAAM Int. Symp. «Intelligent Manufacturing & Automation». Zadar, Croatia. 2007. P. 739–740.
2. Soichiro Suzuki, Satoshi Hasegawa and Masayuki Okugawa Remote control system of disaster response robot with passive sub-crawlers considering falling down avoidance // ROBOMECH Journal. 2014. V. 1. № 20. P. 1–12.
3. Филаретов В.Ф., Кацурин А.А. Система телевидения многозвездным манипулятором, установленным на мобильном роботе // Информационно-измерительные управляющие системы. 2018. С 40 - 47

---

Солоденко Н.Ю. Абрамова М.А.

**ПРОВЕРКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТНПА ДЛЯ РЕШЕНИЯ  
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ МИРОВОГО ОКЕАНА**

Департамент общей и экспериментальной физики  
Научный руководитель – к.х.н. Шичалин Олег Олегович

В данной работе мы изучили экологические проблемы мирового океана. Главной целью работы было спроектировать ТНПА (телеуправляемый необитаемый подводный аппарат) и проверить его эффективность. Интерес к этой теме связан с резко обострившейся проблемой загрязнения океана, обслуживания морских ветряных турбин, использования ЭДНК для идентификации видов коралловых рифов, создания фотограмметрии коралловых рифов и исследование потенциальных мест обитания

инвазивных хищных рыб. Проектирование ТНПА позволяет определить эффективность данных устройств для решения вышеперечисленных проблем.

Для разработки ТНПА мы выделили 4 системы: несущая система, движительная система, полезная нагрузка и управляющая система. На начальных этапах разработки мы оценили предполагаемые деформации рамы от веса компонентов. С помощью расчетных данных мы подобрали форму панелей рамы, при которой она обладает минимальной площадью и весом, и при этом не деформируется.

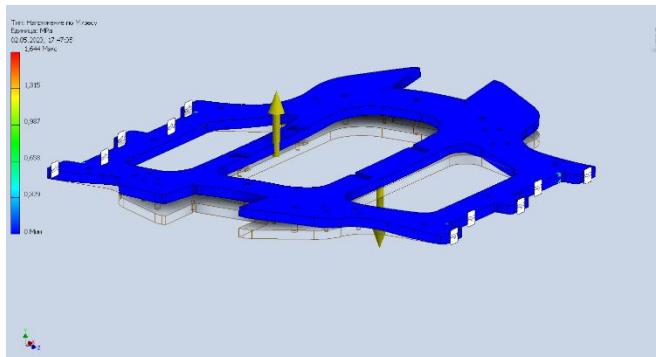


Рис. 1 – Несущая система, верхняя рама

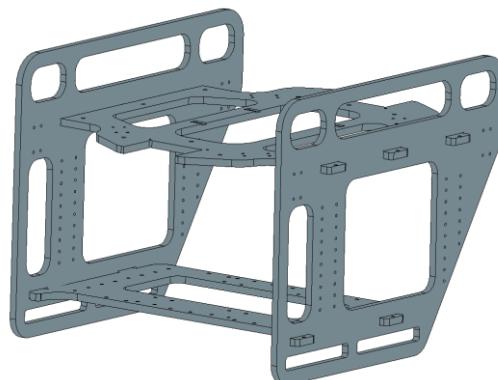


Рис. 2 – Несущая система

В качестве движителей используются электродвигатели с гребным винтом. Мы выбрали этот тип, потому что электродвигатели проще и надежнее в эксплуатации, чем гидравлические и пневматические машины, а гребной винт позволит добиться большей тяги по сравнению с гребным колесом при тех же габаритах.

4 движителя предназначены для перемещения ТНПА в горизонтальной плоскости и изменения курса. Мы разместили их вокруг геометрического центра масс под углом 45 градусов к диаметральной плоскости. Такое размещение дает нам возможность двигаться равномерно в любом направлении.

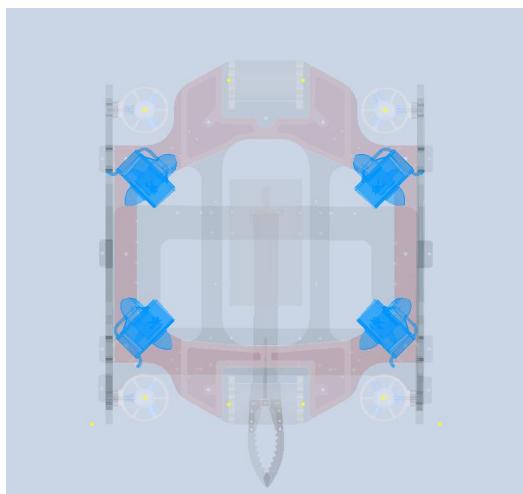


Рис.3 - Горизонтальные движители

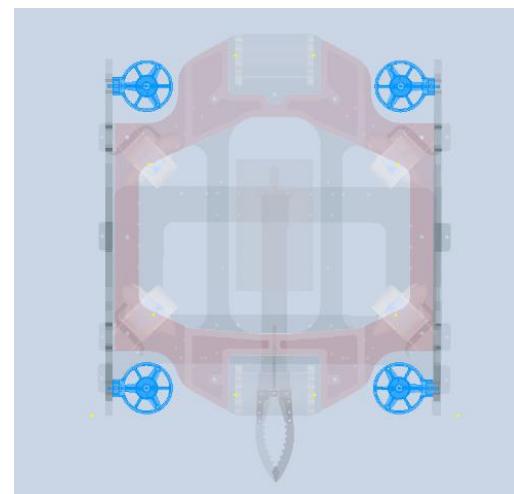


Рис.4 - Вертикальные движители

4 вертикальных движителя нужны для перемещения большей массы и преодоления возросшего гидродинамического сопротивления.

В качестве полезной нагрузки мы использовали навигационно-пилотажный датчик, который дает возможность ориентировать ТНПА в пространстве и позволяет следить за углами наклона и направлением аппарата (Рис.5), манипулятором (Рис.6) и камерау (Рис.7).

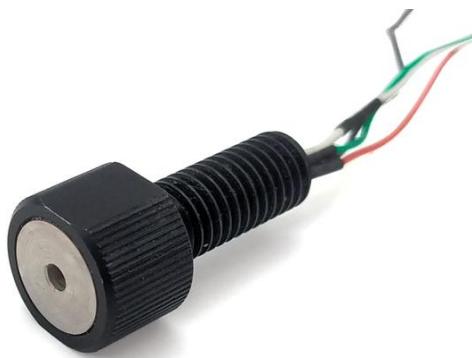


Рис. 5 - навигационно-пилотажный датчик



Рис.6 – Манипулятор



Рис.7 – Камера

Для управления ТНПА нужно устройства ввода, вывода и устройство передачи данных на ТНПА. Для этого мы используем ноутбук, пульт, телевизор и джойстик.

Для более подробного описания основных блоков управления ТНПА приведена SID-схема подключения основных управляющих модулей. (Рис.8)

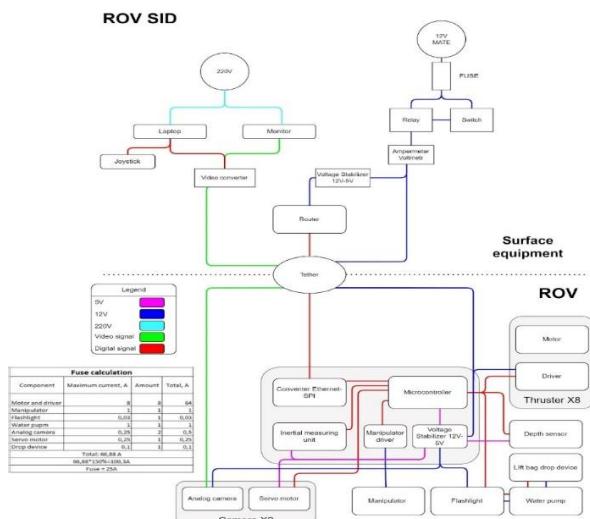


Рис. 8 - SID-схема

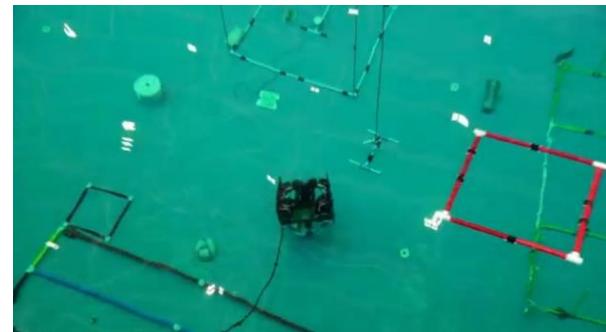


Рис.9 – тестирование аппарата в бассейне

После завершения сборки аппарата мы приступили к его тестированию.

Тестирование проходило в бассейне на глубине 4 метров с использованием макетов, имитирующих реальную среду. Тестирование наглядно показало эффективность использования ТНПА для решения перечисленных выше проблем. По итогам исследования удалось установить, что использование данного типа оборудования положительно влияет на перспективу развития океана и сохранения его биоразнообразия.

Благодарность: Центру развития робототехники города Владивосток за предоставление ресурсов для проведения исследования.

## Раздел V ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

---

Андрусенко А.П.<sup>1</sup>

### ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ УСИЛЕНИЯ ЗАЩИТЫ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ ШИФРОВ ОТ СОВРЕМЕННЫХ АТАК

<sup>1</sup>Департамент информационной безопасности ИМИКТ ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель - к.ф.м.н., доцент К.С. Солдатов

Современные методы криптографических шифров обычно основаны на алгоритмах симметричного (например, AES, Twofish), использующего один секретный ключ для шифрования и дешифрования данных, или асимметричного (например, RSA, ECC), решающего проблему наличием двух ключей – публичного и приватного, шифрования [1]. Они обеспечивают высокий уровень защиты данных путем использования математических операций, которые делают расшифрование данных без знания ключа практически невозможным за разумное время.

На основе современных методов криптографических шифров, таких как AES, RSA, и ECC, в данном исследовании планируется оценить их устойчивость к современным атакам. Это включает в себя анализ атак методом перебора, атак с использованием алгоритмов квантовых вычислений, а также других современных методов атаки.

Далее в рамках исследования планируется разработка усиления защиты криптографических методов шифрования для повышения устойчивости, включая усиление процедур генерации и обмена ключами, разработку методов обнаружения и предотвращения атак, а также улучшение процессов аутентификации и авторизации.

Целью исследования является усиление криптографических методов шифрования, используя нейронные сети, для обеспечения более высокого уровня защиты данных в условиях современных угроз и атак.

Использование нейронных сетей в данной работе может быть полезным по нескольким причинам. Во-первых, нейронные сети могут помочь в обнаружении и предотвращении новых видов атак на криптографические методы шифрования, которые могут быть сложны для обнаружения с использованием традиционных методов. Во-вторых, они могут использоваться для создания новых алгоритмов шифрования или улучшения существующих, путем оптимизации параметров шифрования на основе обучения на больших объемах данных. Также нейронные сети могут обучаться на данных об актуальных угрозах и атаках, что позволяет им быстро адаптироваться к изменяющейся угрозовой среде и предсказывать новые типы атак. Они также могут использоваться для создания более надежных и устойчивых методов аутентификации и авторизации, например, на основе биометрических данных или поведенческих характеристик пользователей. Наконец, нейронные сети могут помочь в оптимизации производительности криптографических методов шифрования, делая их более эффективными и быстрыми. Таким образом, использование нейронных сетей в данной работе может помочь улучшить устойчивость и эффективность криптографических методов шифрования, делая их более надежными и защищенными от современных угроз.

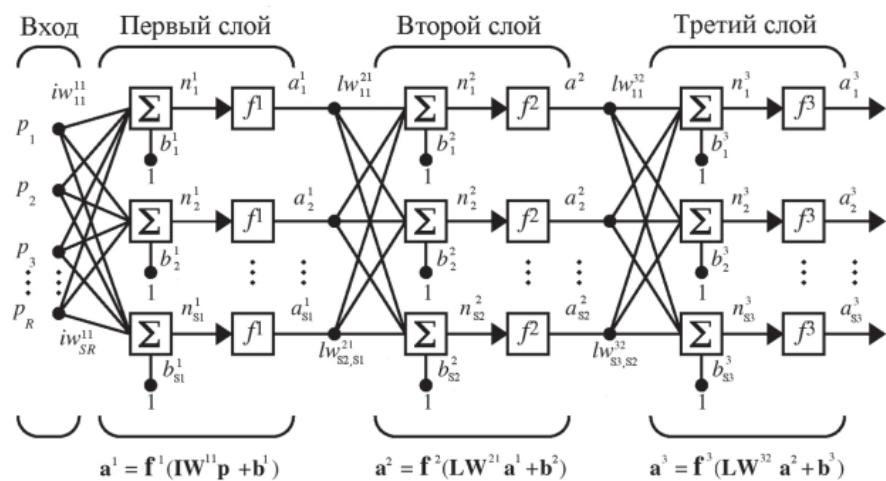


Рисунок 4 - Общий вид нейронной сети

#### Список литературы

1. Paar, C., Pelzl, J. (2010). Understanding Cryptography: A Textbook for Students and Practitioners. 2010th Edition. Foreword by Bart Preneel.
2. Online Human-Bot Interactions: Detection, Estimation, and Characterization // arxiv.org [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/abs/1703.03107>
3. Coutinho, S.C. The Mathematics of Ciphers: Number Theory and RSA Cryptography, 1st Edition.

Башинова М.В.

### АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ LINUX И ИХ ВЛИЯНИЯ НА РАЗРАБОТКУ ИНСТРУМЕНТА FORENSIC TRIAGE

Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель - доцент С.Г. Фадюшин

В современном мире использование операционной системы Linux становится все более распространенным в сфере компьютерной криминалистики и реагирования на инциденты. Это вызвано не только широким распространением Linux в корпоративной и личной сфере, но и его высокими стандартами безопасности, гибкостью и свободой настройки. В этом контексте разработка инструментов для сбора данных и анализа цифровых следов на Linux-системах становится критически важной задачей.

Целью данного исследования является анализ требований и особенностей операционных систем Linux и их влияния на разработку инструмента Forensic Triage. Это позволит понять, какие уникальные характеристики представляет Linux для специалистов по компьютерной криминалистике и как эти аспекты должны быть учтены при разработке инструмента для сбора и анализа цифровых следов.

В первую очередь необходимо учитывать основные принципы и особенности операционных систем Linux, которые оказывают влияние на процесс сбора и анализа цифровых следов. Одной из таких особенностей является открытость данного вида систем и доступность исходного кода. Это позволяет специалистам более глубоко исследовать систему, а также разрабатывать специализированные инструменты для сбора и анализа цифровых следов. Linux предоставляет собой обширный набор инструментов командной строки, которые позволяют специалистам выполнять различные операции, такие как поиск, фильтрация, анализ и восстановление данных. Также есть

механизмы для регистрации событий и действий пользователей в виде системных логов и журналов аудита. Эти данные могут быть ценным источником информации при проведении расследования инцидентов. Важно учесть и файловую систему, имеющую свои особенности, такие как поддержка различных форматов файлов, прав доступа и механизмы атрибутов файлов. Понимание этих особенностей важно при проведении анализа файловой структуры и метаданных. Linux обладает высокими стандартами безопасности, включая механизмы контроля доступа, шифрование данных и многоуровневую защиту. Подобные механизмы могут усложнить процесс сбора и анализа данных, но одновременно обеспечивают защиту цифровых следов от несанкционированного доступа.

Во-вторых, выделим требования к инструментам Forensic Triage на основе спецификаций Linux-систем, что предполагает учет особенностей этой операционной системы и специфических потребностей в области цифровой криминалистики. Проведя анализ, подведем результат, что инструмент Forensic Triage должен:

- Быть совместим с широким спектром дистрибутивов, поскольку Linux существует в виде множества этих самых дистрибутивов с разными конфигурациями и версиями. При разработке нужно выполнять проверку работы инструмента на различных версиях ядра Linux с учетом параметров настройки.
- Иметь возможность работать с различными типами файловых систем и извлекать данные из них с учетом их особенностей, так как Linux поддерживает различные файловые системы, например, ext4, XFS и Btrfs.
- Предоставлять удобный интерфейс командной строки для выполнения различных операций сбора и анализа данных, так как многие инструменты для работы с цифровыми следами на Linux используют командную строку.
- Анализировать журналы и логи для выявления подозрительной активности и событий ввиду того, что Linux предоставляет механизмы регистрации событий и действий пользователей в виде системных журналов и логов.
- Иметь возможность извлекать и анализировать метаданные файлов, такие как дата создания, время доступа, владелец файла и другие атрибуты.
- Быть оптимизирован для выполнения операций сбора и анализа данных с минимальным временем задержки, поскольку оперативное реагирование на инциденты требует быстрой и эффективной обработки данных.

В области цифровой криминалистики и реагирования на инциденты широко используются уже готовые инструменты, основанные на открытом исходном коде. Они часто являются основой для разработки коммерческих продуктов, то есть идет внедрение технологий, лежащих в основе open source решений. Однако существуют определенные вопросы доверия к открытым исходным кодам, особенно когда инструмент не обладает сертификацией, не является широко известным и не относится к числу отечественных.

Данный аспект актуализирует тему исследования для российского рынка. Большинству предприятий проведенный обзор позволит более глубоко понимать особенности используемых операционных систем Linux и их влияния на разработку инструмента forensic triage, что обеспечит возможность оперативного реагирования на инциденты компьютерной безопасности и минимизации ущерба от преступных действий.

### Список литературы

1. Andelković A., Hausknecht K., Sirovatka G. Linux Forensic Triage: Overview of Process and Tools //2020 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO). – IEEE, 2020. – С. 1230-1235.
2. Moser A., Cohen M. I. Hunting in the enterprise: Forensic triage and incident response //Digital Investigation. – 2013. – Т. 10. – №. 2. – С. 89-98.
3. Шмаков В. Э. Системные средства Linux и сетевая безопасность: учебное пособие. – 2024.

---

Борисова В.В.

## АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОТОКОЛОВ КВАНТОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕЙ

Департамент информационной безопасности ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель – доцент ДИБ ИМКТ А.Е. Боршевников

За последнее десятилетие эволюция квантовых вычислений была огромной, и настоящие и надёжные квантовые компьютеры разрабатываются быстро. Одним из последствий наступающей квантовой эры станет небезопасность протоколов распределения ключей, поскольку большинство из них основано на задачах дискретных алгоритмов. С другой стороны, квантовые вычисления предоставляют мощный и эффективный инструмент для безопасной передачи информации и криптографических схем, и многие из них уже предложены [1].

Квантовое распределение ключей использует принципы квантовой механики для передачи секретного ключа по квантовому каналу, и эта процедура полностью безопасна благодаря законам физики. Протоколы квантового распределения ключей основываются на теореме о запрете клонирования, согласно которой квантовые состояния не могут быть клонированы, обеспечивая уникальность ключа. Принцип неопределенности Гейзенберга делает процесс квантового распределения ключей устойчивым к попыткам перехвата и повторной передачи, так как попытка измерения квантовых состояний вызовет изменения в системе, что обнаружат обе стороны. Квантовое распределение ключей предполагает наличие двух пользователей, Алисы и Боба, которые желают общаться и должны сгенерировать секретный ключ. Для этой процедуры необходимы два канала: квантовый и классический, по которым происходит обмен сообщениями. Поляризация фотонов позволяет кодировать классические биты (0 или 1) в квантовом канале связи, используя прямолинейный (горизонтальная и вертикальная ориентация) и диагональный (ориентация на  $+45^\circ$  и  $-45^\circ$ ) базисы.

Протокол BB84 является первым протоколом квантового распределения ключей, который был предложен в 1984 году Чарльзом Беннетом и Жилем Брассаром. Протокол состоит из двух фаз: квантовой передачи и классической постобработки. В квантовой передаче Алиса кодирует битовую строку в поляризованные фотоны и отправляет их Бобу, который измеряет их в выбранных базисах. После просеивания и оценки параметров, стороны соглашаются свои ключи, удаляют ошибки и усиливают конфиденциальность. Протокол BB84 обеспечивает безопасную передачу ключей при условии идеальной реализации и наличия аутентифицированного публичного классического канала.

Протокол B92 был представлен Чарльзом Беннетом в 1992 году. Этот протокол использует два состояния поляризации фотонов вместо четырёх, как в протоколе BB84, что позволяет обнаружить подслушивающего. B92 также состоит из двух фаз: квантовой передачи и передачи по классическому каналу. Шаги протокола включают выбор битовой строки, кодирование, передачу кубитов, измерение результатов и выбор пар битов. Протокол B92 обеспечивает безопасное общение и обмен секретным

ключом между сторонами, поскольку мошеннический пользователь не может нарушить квантовую систему.

Протокол SARG04 был предложен в 2004 году как разновидность протокола BB84. Он разработан для повышения устойчивости к атакам с разделением числа фотонов. В отличие от BB84, во второй фазе протокола SARG04 Алиса не объявляет базисы, которые использует для кодирования битов. Она выбирает пару неортогональных состояний для каждого кубита и объявляет два состояния, указывая правильное. Боб, получивший кубит, знает, что он находился в одном из объявленных состояний, и должен различать их для раскрытия секретного бита. Протокол SARG04 использует четыре набора состояний и базисов для передачи информации, где каждое состояние соответствует определенному биту. Боб, проводя измерения, определяет действительность бита на основе результатов измерений в различных базисах.

Протокол E91, разработанный Артуром Экертом в 1991 году, основан на квантовой запутанности, согласно которой квантовые состояния двух фотонов оказываются взаимозависимыми. В отличие от протокола BB84, E91 использует пары фотонов, которые генерируются в антисимметричных поляризационных состояниях и не могут быть измерены в одном и том же базисе одновременно. Это делает его более безопасным, поскольку усложняет возможность проведения атак с использованием фотонов-имитаторов.

При выборе протокола квантового распределения ключей важно учитывать их особенности, преимущества и недостатки. Ниже приведена таблица сравнения основных квантовых протоколов: BB84, B92, SARG04 и E91.

Таблица

Анализ особенностей квантовых протоколов

Протокол	Особенности	Преимущества	Недостатки
BB84	Использует четыре состояния поляризации фотонов, две фазы: квантовая передача и классическая постобработка	Безопасная передача ключей при условии идеальной реализации	Уязвимость к определенным атакам, требует идеальной реализации
B92	Использует два состояния поляризации фотонов, две фазы: квантовая передача и классическая постобработка	Невозможность мошеннического пользователя нарушить квантовую систему	Возможность атак с использованием фотонов-имитаторов
SARG04	Использует неортогональные состояния для каждого кубита и четыре набора состояний и базисов для передачи информации	Устойчивость к атакам с разделением числа фотонов, повышенная безопасность	Может потребовать дополнительных вычислительных ресурсов
E91	Основан на квантовой запутанности, использует пары фотонов в антисимметричных поляризационных состояниях	Более безопасен, усложняет атаки с использованием фотонов-имитаторов	Может требовать более сложной реализации

Выбор протокола зависит от уровня безопасности, сложности реализации и потребностей коммуникации.

Квантовое распределение ключей считается одним из наиболее надёжных способов обеспечения безопасности передачи данных. Однако реализация протоколов квантовых ключей имеет недостатки, такие как дефектные оптические волокна и другие уязвимости, которые могут привести к атакам на системы квантового распределения ключей. Будущие исследования сосредоточены на модификациях

устройств квантовых систем для предотвращения таких атак, а также на аспектах, таких как расстояние между сторонами, скорость передачи ключей и доказательство безопасности протокола на больших расстояниях.

### *Список литературы*

1. Нильсен М., Чанг И. Квантовые вычисления и квантовая информация. – М.: Мир, 2006. – Т. 824.

---

Быстревский С.А.<sup>1</sup>, Боршевников А.Е.<sup>2</sup>

## **ТЕОРЕТИКО-ИГРОВАЯ МОДЕЛЬ КОНФИДЕНЦИАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ ДВУХ УЧАСТНИКОВ**

<sup>1</sup>Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМКТ ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель - к.т.н., доцент Ю.В. Добринский

В настоящее время не существует общей модели для оценки защищённости протоколов конфиденциальных вычислений. Безопасность оценивается только с точки зрения защищённости метаматематических алгоритмов, предложенных в протоколе. Но тяжело оценить какую информацию должен получить участник в ходе протокола, а также вероятность нарушения корректности протокола участником [1]. Построение общей теоретико-игровой модели могло решить данную проблему [2].

В рамках данной статьи предложена теоретико-игровая модель конфиденциальных вычислений для двух участников. Данная модель позволяет понять стратегию злоумышленника для получения большего количества информации о секретных данных участника, чем ему предписано или для нарушения корректности протокола [3-5].

В игре двух участников протокола, где один из них злоумышленник, а другой «честный» участник. Набор чистых стратегий злоумышленника будем обозначать как  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , а набор чистых стратегий «честного» участника  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$ . Набор  $Y$  это просто возможные секретные ставки участника, которые стоит рассматривать в чистом анализе как равновероятные, то есть вероятность, что секретное значение «честного» участника принимает значение  $y_i$  равно  $P(y_i) = \frac{1}{m}$ . Или можно рассматривать их не равновероятными в общем случае, это случай когда злоумышленнику обладает некоторой информацией о возможности секретного значения участника, тогда  $P(y_i) = p_i \geq 0$  и  $\sum_{i=1}^m p_i = 1$ . Набор стратегий  $X$  – это набор значений, которые злоумышленник может подать на вход протоколу, но при этом злоумышленник может также врать и тем самым подавать на вход не своё секретное значение, а то, которое выгодно для наилучшего получения цели. Если протокол имеет несколько раундов, то стоит рассматривать набор игр, где меняется вероятность значений  $Y$ , а злоумышленник меняет стратегии в каждом раунде исходя из ситуации.

Игру можно рассматривать как антагонистическую, с помощью матрицы  $H$  размера  $n$  на  $m$ , где в каждой ячейке указаны очки, которые в ходе игры получит злоумышленник. Очки в ячейке матрицы в  $i$ -ой строке и  $j$ -ом столбце будем обозначать как  $h_{ij}$ .

Задача злоумышленника выбрать такую стратегию, чтобы математическое ожидание победных очков оказалось наибольшим.

Рассмотрим игру для злоумышленника, стремящегося нарушить конфиденциальность. Численную характеристику лучше задать как отношение количества отброшенных секретных значений к количеству изначальных возможных решений. В таком случае выигрыш злоумышленника не может

составить больше 1, где 0 будет означать, что он ничего не знает о секретном значении участника. То есть  $h_{ij} = \frac{k_{ij}}{m}$ , где  $k_{ij}$  – это количество отброшенных секретных значений, если злоумышленник выбрал стратегию  $x_i$ , а «честный» участник стратегию  $y_j$ . Данную характеристику будем в дальнейшем обозначать как  $secret(x_i, y_j)$ .

Рассмотрим игру для злоумышленника, стремящегося нарушить корректность. В данном случае удобно сделать следующим образом, если злоумышленник нарушил корректность, то есть алгоритм выдал неверный результат, то он получает 1 бал, в противном случае он получает 0 баллов. В таких играх надо ещё добавлять какое действительно секретное значение храниться у злоумышленника и нарушение корректности рассматривать относительно этого значения. Такую характеристику в дальнейшем будем обозначать как  $failure(x_i, y_j)$ .

Теперь рассмотрим игру для злоумышленника со смешанной целью. Для этого так же стоит ввести характеристику, причём на основе предыдущих характеристик. Смешанные очки можно начислять следующим образом  $h_{ij} = a * secret(x_i, y_j) + b * failure(x_i, y_j)$ , где  $a$  и  $b$  любые числа, удовлетворяющие условию  $0 \leq a \leq 1, -1 \leq b \leq 1$ . То есть злоумышленник или разработчик протокола определяют приоритет между конфиденциальностью и корректностью.

В итоге цель исследования выполнена. Так как предложена общая теоретико-игровая модель конфиденциальных вычислений. Из положительных сторон можно выделить следующее: полнота и адекватность. То есть применять эту модель можно ко всем алгоритмам конфиденциальных вычислений, тем самым определять поведения злоумышленников и оценивать ущерб, который может злоумышленник нанести. Также с помощью данной модели можно понять, какие условия необходимо добавить, чтобы злоумышленник стал играть «честно». Из минусов можно отметить: слабая эффективность в общем случае. То есть эффективное решение применяется для конкретных протоколов конфиденциальных вычислений, но в общем случае применение модели имеет экспоненциальную сложность. Данные исследования можно использовать для реализации принципиально новых алгоритмов конфиденциальных вычислений [6].

#### Список литературы

1. Загартдинов Б. Н., Поляков М. В. Анализ реализации технологий конфиденциальных вычислений //Вопросы кибербезопасности. – 2023. – №. 6. – С. 58.
2. Григорьев Д. С. Теоретико-игровая модель оптимизации ключевой и кредитной ставок Центрального и коммерческого банков //Труды семинара по геометрии и математическому моделированию. – 2022. – №. 8. – С. 63-67.
3. Берешполов И. С., Слепцов А. Г., Кравченко Ю. А. О задаче конфиденциальных вычислений для обеспечения безопасности государственных данных //В сборнике: Фундаментальные и прикладные проблемы математики и информатики в современной науке: теория и практика актуальных исследований. Материалы Всероссийской научно-технической конференции. Махачкала, 2022. С. 179-183.
4. Волкова Е. С., Гисин В. Б. Конфиденциальное двустороннее вычисление параметров нечеткой линейной регрессионной модели. //Вопросы кибербезопасности. 2021. № 3 (43). С. 11-19.
5. Соловьева А. С., Ниссенбаум О. В. Проверки консистентности в протоколах с активным противником на многосторонних защищенных контурах. //В сборнике: Математическое и информационное моделирование. Материалы Всероссийской конференции молодых ученых. Тюмень, 2021. С. 338-344.

6. Быстревский С. А., Боршевников А. Е. Об одном алгоритме конфиденциальных вычислений на основе гомоморфного шифрования для проведения аукционных торгов//Молодежь. Наука. Инновации. 2023. Т. 1. С. 143-148.

---

Давидян М. А., Кудрявцев Н. В.

## ЗАЩИТА МИКРОСХЕМЫ ARDUINO ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Департамент информационной безопасности ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель – ассистент ДИБ И. Д. Чабанов

Электромагнитное излучение негативно сказывается на устройствах, в том числе и на микросхеме Arduino. Для защиты Arduino от электромагнитного используются различные методы: экранированные пленки [1], состоящие из материалов, защищающих от электромагнитного излучения, покрытие корпуса особой экранирующей краской [2] и другие.

В данной статье рассматривается один из самых простых и дешевых методов защиты от электромагнитного излучения микросхемы Arduino при помощи технологии, называемой «Клетка Фарадея» [3].

Принцип работы клетки Фарадея основан на перераспределении электрических зарядов в проводящем материале под воздействием внешних электромагнитных полей. Внешнее электрическое поле воздействует на свободные электроны в проводящей клетке и заставляет их перемещаться таким образом, что внутренняя часть клетки оказывается защищённой от этого поля. В итоге внутреннее поле нейтрализуется и не воздействует на объекты, находящиеся внутри клетки. Защита работает как для статических, так и для переменных электромагнитных полей, включая радиоволны.

Для создания данной конструкции в первую очередь необходимо выбрать экранирующий материал. Он должен проводить электричество (например, алюминиевая фольга). Далее нужно спроектировать клетку Фарадея с учетом габаритов выбранной Arduino и ее расширений.

Одной из главных проблем, которую необходимо решить при проектировании собственной клетки Фарадея для Arduino – проблема с охлаждением микросхемы в условиях замкнутой конструкции. Данную проблему возможно решить несколькими способами: использование дополнительных радиаторов, оставить вентиляционные отверстия и другие способы. Одним из способов решения данной проблемы является размещение небольшого вентилятора с отверстиями в экранирующем материале (диаметр отверстий должен быть минимально возможный).

Также необходимо обеспечить работу интерфейсных разъемов микросхемы, для этого в конструкции будут специализированные отверстия. В целях их защиты интерфейсных разъемов следует использовать провода с экранированием.

После решения выше указанных проблем и проектирования происходит сборка конструкции, по окончанию сборки она должна быть замкнутой. Далее следует подключение заземляющего провода к конструкции: провод следует припаять к конструкции, а после подключить его к надежно заземляющей точке. Следующим шагом будет размещение Arduino внутри конструкции. Следует проверить работоспособность Arduino. Важно проверить охлаждение микросхемы, провести тесты, собирая данные о температуре Arduino и принять меры при росте температуры Arduino до неблагоприятной.

### *Список литературы*

1. Л. М. Лыньков, Т. В. Борбелько, В. А. Богуш, Н. В. Колбун Конструкции гибких поглотителей электромагнитной энергии СВЧ диапазона // Доклады БГУИР. 2003. №1 (1). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/konstruktsii-gibkih-poglotiteley-elektromagnitnoy-energii-svch-diapazona>
2. Какорина Олеся Александровна, Какорин Игорь Александрович, Панченко Александра Николаевна СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ // NBI-technologies. 2022. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-radiopogloschayuschihih-pokrytiy>
3. Аникина А. А. Клетка Фарадея // Материалы XVI Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2024/article/2018035754>
4. Документация к Arduino Uno R3 [Электронный источник] – URL: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3/>

---

Коробкин О.П., Ретунский Д.А.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ SANDBOX ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И АНАЛИЗА ВРЕДОНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Департамент информационной безопасности ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель – ассистент ДИБ М.И. Стародубов

Технология SandBox (Песочница) – это изолированная система для выявления ВПО при помощи запуска подозрительного объекта в виртуальной машине и наблюдением за его поведением.

Главным компонентом любой песочницы является гипервизор – инструмент, разделяющий основную операционную систему от виртуальной операционной системы, который предоставляет запущенным под его управлением операционным системам сервис виртуальной машины, то есть виртуализирует или эмулирует физическое аппаратное обеспечение. Также гипервизор распоряжается ресурсами для виртуальных машин, которыми управляет.

Виртуальные машины внутри песочниц не имеют никаких утилит для отслеживания активности ВПО. Обычно внутри них установлен комплекс программ обычного офисного сотрудника. Анализом поведения ВПО занимается гипервизор, по следующему алгоритму:

1. Поступающие на анализ файлы попадают в очередь на проверку.

2. Приложение, отвечающее за безопасность вместе с анализатором, выполняет первичные операции, такие как: сигнатурный анализ, эвристический анализ и другие проверки. После их выполнения анализатор определяет, нужно ли отправлять файл на анализ в песочницу, а также задает параметры виртуальной машины и метод анализа объекта.

3. Файл отправляется в виртуальную машину и исполняется.

4. Все действия исследуемой программы внутри виртуальной машины через гипервизор попадают в анализатор, который определяет, является ли файл вредоносным, на основе прописанных шаблонов поведения.

5. Контекст и результаты анализа заносятся в базу данных для хранения, дальнейшего их использования и обучения анализатора.

Обычно песочницы строятся на основе open source гипервизоров и коммерческих гипервизорах на основе KVM. У этих гипервизоров есть свои преимущества и недостатки.

Преимущество open source гипервизоров состоит в том, что в них можно добавлять собственные образы виртуальных машин. Однако образ виртуальной машины нужно собирать самому, из-за чего появляется риск ошибки, так-как образ должен быть с определенной наработкой.

Преимущество коммерческих гипервизоров – это их закрытость. Злоумышленнику заранее неизвестно какие методы будут в нем отработаны. Недостатком же является то, что образы виртуальных машин поставляются и обновляются производителями, что пресекает возможность даже минимальной кастомизации или настройки этих виртуальных машин.

В качестве примера песочницы рассмотрим Cuckoo Sandbox и ее алгоритм работы:

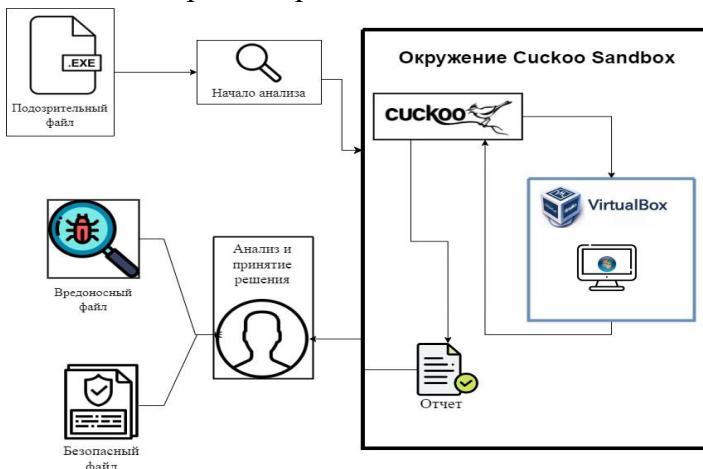


Рисунок 5 - Схема алгоритма работы Cuckoo Sandbox

Подозрительный файл отправляется на анализ в песочницу.

Песочница запускает виртуальную машину с операционной системой Windows7, где исполняется подозрительный файл и проводиться наблюдение за поведением системы после начала его исполнения.

На основе задокументированных событий песочница формирует отчет.

Пользователь анализирует отчет и принимает решение – является ли файл вредоносным или безопасным.

#### *Список литературы*

1. Моннапа К. А. Анализ вредоносных программ / пер. с англ. Д.А. Беликова. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 452 с.: ил.
2. Марков А. С., Матвеев В. А., Фадии А.А., Цирлов В. Л. Эвристический анализ безопасности программного кода // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. «Приборостроение». 2016. № 1
3. Бабенко Л. К., Тумоян Е. П., Цыганок К. В., Аникеев М. В. Классификация вредоносного программного обеспечения на основе поведенческих признаков // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012

---

Королёв Л.А, Фомин В.С.

### **ОБНАРУЖЕНИЕ БЕСФАЙЛОВОГО ИМОРТИРОВАНИЯ ВРЕДОНОСНЫХ**

**МОДУЛЕЙ(КОДА) НА WINDOWS НА ЯЗЫКЕ PYTHON**

Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – ассистент ДИБ М. И. Стародубов

Сейчас большинство компаний имеет структурированную компьютерную сеть, курируемую различными серверами. Для защиты инфраструктуры были разработаны антивирусы, которые

оперируют широким спектром методов предотвращения вредоносных атак. Однако, несмотря на всё разнообразие, существуют недостатки, в том числе неспособность контролировать процессы в оперативной памяти и проблема слепой зоны относительно интерпретатора Python, который имеет цифровую подпись, в базах вендоров [1]. Эти особенности, а также присутствие механизма бесфайлового импорта в Python позволяют выполнить вредоносный код на машине даже при работающем антивирусе. Целью исследования является разработка решения для борьбы с описанной проблемой. В данной статье будет рассмотрено импортирование набора классов Impacket, который детектируется антивирусами как потенциально вредоносный код. Кроме того, освещается проблематика детектирования python программ, а именно использования бесфайлового импортирования вредоносного модуля на ОС Windows [2].

По умолчанию директива import производит поиск требуемого модуля или пакета на файловой системе. В стандарте PEP 302 внедрили возможность создания пользовательских реализаций импорта модулей, в том числе и бесфайловый импорт [3]. На данный момент эта особенность не только приносит пользу разработчикам, но и позволяет злоумышленникам незаметно загружать на системе вредоносное ПО, например, impacket.

Опуская работу с возможной деобфускацией кода Python, получили решение, которое переопределяет некоторые встроенные функции: exec, eval, compile. Данный способ позволил прологировать вредоносный код, который не записывается на файловую систему машины, а загружается с сервера злоумышленника только в оперативную память и выполняется. Без реализации данного метода, вредоносный код может оказаться незамеченным, даже при анализе сетевого траффика, так как злоумышленник может зашифровать свое сообщение и обойти стороной аналитический модуль антивирусного средства

Логирующий модуль бесполезен в условиях, когда администратор системы должен его запускать вручную, так как злоумышленник вероятно не оставит за собой следов после эксплуатации уязвимости. Поэтому данное решение должно запускаться автоматически, под управлением координирующей программы.

Для борьбы с этой проблемой была разработана программа-координатор на C++, которая читает системные структуры (PEB, PBI) [4] из памяти анализируемого процесса, что позволяет найти рабочую директорию и имя скрипта, интерпретируемого Python. Далее координатор запускает логирующий модуль и передает в него путь до файла с исходным кодом.

Общая схема работы модулей (данные здесь – полный путь до потенциального вредоносного скрипта) представлена на рисунке 1.

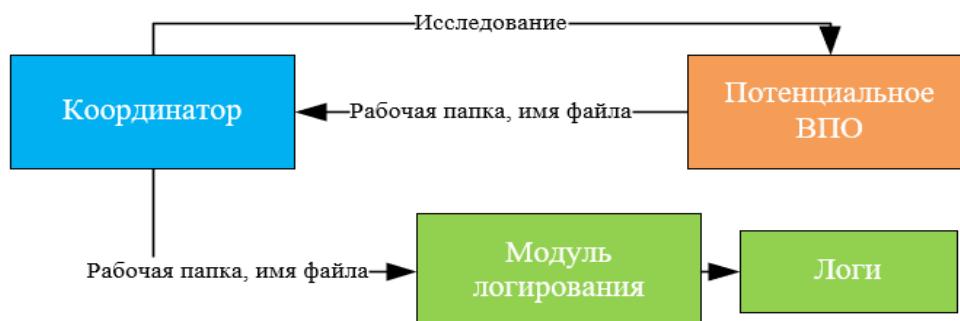


Рисунок 6 - общая схема работы

На текущий момент популярными средствами защиты от вредоносных программ являются встроенные в ОС Windows Microsoft Defender и Kaspersky, использующие классические методы статического, например, метод сигнатур и динамического анализа, например, метод песочницы [5].

Данные средства действительно способно обнаружить вредоносный код на Python, загружаемый по сети, из пакетных менеджеров и других источников, а после немедленно устраниТЬ угрозу. К сожалению, оба решения не смогли обнаружить получение и импортирование пакета impacket как на пользовательской версии Windows, так и на серверной.

Таким образом, разработанное ПО нельзя назвать самостоятельной программой для обеспечения безопасности пользователя, так как в решении отсутствуют классические методы обнаружения. Но тем не менее, данное средство послужит отличным дополнением к действующим антивирусным ПО, что может значительно снизить риск компрометации.

#### *Список литературы*

1. VirusTotal Sandbox // VirusTotal [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://virustotal.com/gui>
2. Diego Capriotti - Python vs Modern Defenses // GitHub [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/naksyn/talks/blob/main/DEFCON30/Diego%20Capriotti%20-%20DEFCON30%20Adversary%20Village%20-%20Python%20vs%20Modern%20Defenses.pdf>
3. PEP 302 – New Import Hooks // Python Enhancement Proposals [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://peps.python.org/pep-0302/>
4. Структура PEB (winternl.h) // Microsoft Learn [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows/win32/api/winternl/ns-winternl-peb>
5. Computer virus strategies and detection methods // ResearchGate [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/228937695\\_Computer\\_virus\\_strategies\\_and\\_detection\\_methods](https://www.researchgate.net/publication/228937695_Computer_virus_strategies_and_detection_methods)

---

Костенецкий И.В.<sup>1</sup>

**КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ  
ОБУЧАЮЩИХ ВИРТУАЛЬНЫХ СРЕД, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ РАЗВИТИЕ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ НАВЫКОВ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

<sup>1</sup>Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель - д.т.н., профессор И.Л. Артемьева

В настоящее время в современном мире существует проблема автоматизации подготовки уязвимых машин и сервисов на основе базы данных общезвестных уязвимостей информационной безопасности. В большинстве решений используются заранее подготовленные уязвимые виртуальные машины и сервисы, что влечет за собой либо ограниченное разнообразие векторов атак, либо значительные инвестиции, как в денежном плане, так и в плане че-ловека-часов, в создание и поддержку системы.

Предлагаемая инструментальная система представляет собой сочетание модулей и подсистем различного направления в единую систему. Концептуальная модель представлена на Рис. 1.

Подсистема управления представляет собой ПО для ПК, которое позволяет администратору выбирать перечень используемых СЗИ, а также планировать цепочки атак.

Подсистема выбора СЗИ, состоящая из подсистем развертывания общедоступных СЗИ и коммерческих СЗИ, необходима для подготовки систем защиты информации и передачи их в модуль СЗИ.

Подсистема выбора цепочки атак состоит из нескольких подсистем, осуществляет выбор цепочки атак, в соответствии с требованиями администратора, и передает в модуль уязвимых виртуальных машин готовые и настроенные виртуальные машины с подготовленными цепочками атак.

Подсистема развертывания уязвимых виртуальных машин отвечает за подготовку виртуальных машин для атак, в данную подсистему входит хранилище готовых контейнеров и виртуальных машин, в котором хранятся уже заранее подготовленные ВМ, а также подсистема подготовки контейнеров и виртуальных машин, которая с помощью определенных алгоритмов генерирует новые виртуальные машины и контейнеры с уязвимыми сервисами.

Подсистема управления цепочками атак составляет отдельных атомарных на уязвимых виртуальных машинах в полноценную цепочку действий злоумышленника.

Web-интерфейс обучающихся используется для организации продуктивного обучения слушателей и состоит из модуля СЗИ и модуля уязвимых виртуальных машин.

В модуле СЗИ находятся настроенные на прием событий из уязвимых машин системы защиты информации.

В модуле уязвимых виртуальных машин непосредственно находятся настроенные виртуальные машины и контейнеры, которые передают данные обо всех активностях в модуль СЗИ.

Также стоит заметить, что обучающиеся имеют полный доступ к модулю уязвимых виртуальных машин, что позволяет подключаться напрямую на уязвимую систему и проверять локальные журналы, либо попытаться устраниить уязвимость.

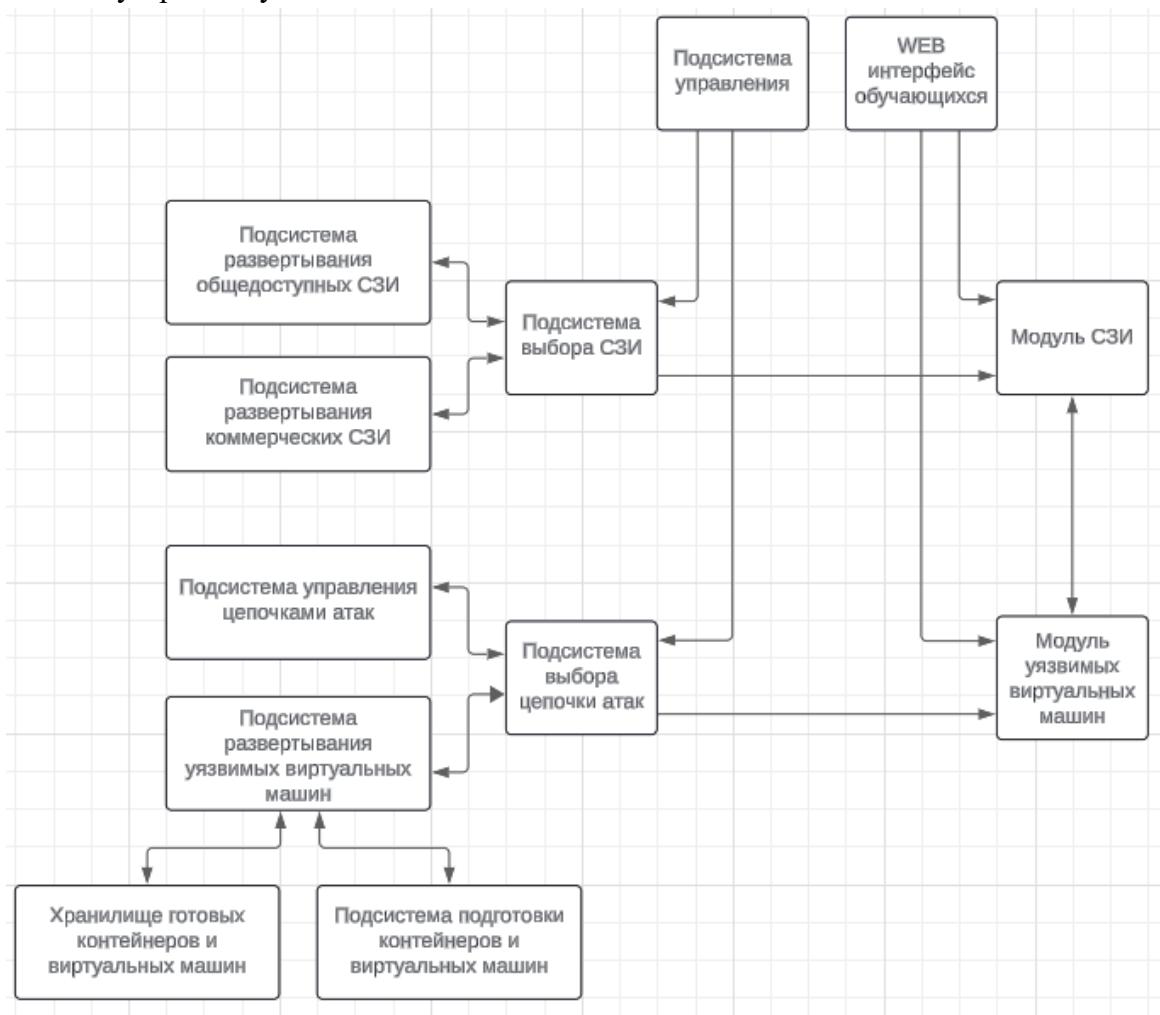


Рисунок 1 – Концептуальная модель

Представленная система решает проблему автоматизации подготовки уязвимых машин и сервисов на основе базы данных общеизвестных уязвимостей информационной безопасности. Проблему высокой стоимости коммерческих СЗИ решает подсистема развертывания общедоступных СЗИ, а проблему ограниченного разнообразия векторов атак решает подсистема подготовки контейнеров и виртуальных машин.

#### *Список литературы*

1. А.Р. Касимова, В.В. Золотарев, Л.Х. Сафиуллина, А.С. Балыбердин. Использование цифрового двойника в задачах управления информационной безопасностью // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. ФГБОУ ВО «АГУ ИМ. В.Н. ТАТИЩЕВА».2023. С. 48-58.
2. Ефремов, В.В. Копач, Е.В. Корныхин МОНИТОРИНГ И ТЕСТИРОВАНИЕ МОДУЛЕЙ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ АБСТРАКТНЫХ МОДЕЛЕЙ ПОВЕДЕНИЯ СИСТЕМЫ // Труды Института системного программирования РАН. – 2021. – Т. 33, № 6. – С. 15-26.
3. «Кальдера» атакует. Учимся имитировать и обнаруживать атаки с помощью Mitre Caldera [Электронный источник] – URL: <https://xakep.ru/2023/02/16/caldera/> (дата обращения: 24.03.2024).
4. Вигерс Карл, Битти Джой. Разработка требований к программному обеспечению. 3-е изд., дополненное / Пер. с англ. — М. : Издательство «Русская редакция» ; СПб. : БХВ-Петербург, 2014. — 736 стр. : ил.

---

Кравченко Н.С., Сукач Н.Е., Галимов А.Д.

### **СЦЕНАРИИ КИБЕРУЧЕНИЙ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ МОНИТОРИНГА**

Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель - ассистент ДИБ И.Д. Чабанов

В современном мире кибербезопасность играет ключевую роль в защите информации, данных и инфраструктуры организаций от киберугроз. Для минимизации рисков информационной безопасности руководители предприятий приходят к решению по разворачиванию в своей информационной системе центра мониторинга (Security Operation Center).

Системы управления кибербезопасностью (SOC) являются неотъемлемой частью современных компаний, организаций и государственных учреждений. Он представляет из себя группу специалистов, ориентированных на круглосуточный мониторинг состояния информационной системы организации на предмет потенциальных взломов и других угроз.

К основным задачам, решаемым Центром мониторингом информационной безопасности, относят реагирование на инциденты информационной безопасности, проведение регулярного аудита информации об угрозах, разработка и внедрение мер по обеспечению безопасности и составление отчетов о состоянии защищенности ИТ – инфраструктуры организации.

Неотъемлемой частью является проведение киберучений на специальном отведенном полигоне с целью подготовки специалистов центра мониторинга к возможным кибератакам. К двум наиболее популярным киберполигонам относят национальный киберполигон «Кибермир» и киберполигон компании перспективный мониторинг “Ampire”.

“Кибермир” – это программно-технический комплекс с цифровыми копиями существующих инфраструктур различных типов. Данные структуры позволяют отрабатывать навыки по защите от атак злоумышленника, на практике, без какой-либо угрозы для компании.

Ampire дает возможность осуществлять моделирование различных систем, как типовых, так и шаблонных. Так же он активирует векторы атак, которые может проводить злоумышленник, то есть

запускает сценарий. Многие сценарии уже созданы, но с каждым практическим опытом компании, добавляются более свежие сценарии атак.

Сценарии – это проведение имитации реальной атаки злоумышленников на построенный шаблон. Как правило, все сценарии уже автоматизированы, поэтому на учениях нет команды атакующих.

Сценарии киберучений должны быть нацелены на угрозы, которые могут принести той или иной организации ощутимый вред, всегда нужно совершенствовать и составлять согласно свежим найденным CVE угрозам.

Примером сценария можно привести CVE-2023-5360, найденная в ноябре 2023 года. По статистике сайта opencve.io данная уязвимость заработала 9.8 баллов из 10 и статут “критическая”. Уязвимость была классифицирована как критическая и была обнаружена в плагине Royal Elementor Addons and Templates на WordPress. Плагин имеет уязвимость для произвольной загрузки файлов во всех версиях до 1.3.78 включительно из-за недостаточной проверки типа файла в функции `handle_file_upload()`, содержащуюся в коде плагина. Эта функция вызывается через AJAX-запрос и позволяет злоумышленникам указать предпочтительное расширение типа файла в параметре `'allowed_file_types'` с использованием специального символа, что позволяет загруженному файлу обойти список фильтров, в данной уязвимости используется символ \$.

Сценарий поведения злоумышленника следующий: происходит проверка сервиса используя wpScan, обнаруживается уязвимая версия плагина, запускается скрипт загрузки вредоносного php файла с обратной оболочкой и редактированием wp-config.php для закрепления в системе. После получения обратной оболочки злоумышленник получает контроль над сайтом и машиной.

Этапы атаки и проверки принято автоматизировать при помощи написания скриптов. Многие учения так же проводятся с этапом устранения уязвимостей. Этот этап подразумевает под собой закрыть уязвимые точки в инфраструктуре и проверить настроенную защиту.

#### *Список литературы*

1. Киберполигон Ampire [Электронный источник] – URL: <https://cybermir.ru/>
2. Киберполигон Ampire [Электронный источник] – URL: <https://amonitoring.ru/product/ampire/>
3. Кто такие SOC [Электронный источник] – URL: <https://www.securityvision.ru/blog/soc-chto-eto/>
4. Киберучения: полезная информация для защитников [Электронный источник] – URL: <https://habr.com/ru/companies/proechelon/articles/581752/>
5. Зачем нужны и какие бывают киберучения [Электронный источник] – URL: [https://www.antimalware.ru/analytics/Technology\\_Analysis/Why-we-need-Cyber-Training](https://www.antimalware.ru/analytics/Technology_Analysis/Why-we-need-Cyber-Training)

---

Курочкин Н.А., Ретунский Д.А.

**УСТОЙЧИВОСТЬ УСТРОЙСТВ НЕГЛАСНОГО ПРИЕМА ИНФОРМАЦИИ,  
ИСПОЛЬЗУЮЩИХ МОДУЛЯЦИЮ LoRa, К ТРАДИЦИОННЫМ СРЕДСТВАМ  
ОБНАРУЖЕНИЯ**

Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент Д.А. Полянский

В данной статье рассматривается опасность электронных устройств негласного приема информации (ЭУНПИ) с точки зрения устойчивости их к обнаружению с помощью комплекса

«анализатор спектра – детектор поля». В источнике [1] рассматривается достаточно типичный процесс поиска ЭУНПИ по следующему алгоритму: на анализаторе спектра определяются подозрительные пики излучения на частотах, на характерных для оборудования, установленного в помещении, либо превышающие прогнозируемые значения по амплитуде. Далее с помощью детектора поля выясняется точное местоположение источника излучения, и принимается решение по поводу каждого конкретного источника (является ЭУНПИ, штатное оборудование, либо требуется дополнительное исследование, как в случае с радиозакладками, замаскированными в устройствах, имеющих собственное излучение).

Модуляция LoRa позволяет обеспечить надежную передачу информации на расстояние до 20 км при малой мощности выходного сигнала [2]. При этом скорость, удовлетворительная для передачи речи, обеспечивается на расстоянии до 1 км [3], [5]. Технология не дает значительного превышения уровня шума в помещении, откуда исходит сигнал. Более того, данная технология позволяет работать из-под уровня шумов, под прикрытием мощных легальных источников.

При таких вводных традиционные анализаторы спектра и детекторы поля становятся малоэффективными. Чувствительность большинства анализаторов спектра находится в районе 10...20 дБ [4]. Вместе с тем, ЭУНПИ, использующее модуляцию LoRa, способны давать значительно меньшее превышение, маскируясь под сигналы, характерные для данного помещения.

В связи с этим рассмотрим некоторые методы противодействия данной разновидности устройств технической разведки. Основной из них – повышение чувствительности анализатора спектра, что может помочь дифференцировать сигнал закладки от других. Так же эффективным представляется программный анализ полученного спектра с целью выявления характерной особенности LoRa-растянутой по частотному диапазону модуляции, за счет которой и происходит передача под уровнем шумов.

ЭУНПИ, использующие модуляцию LoRa, могут быть крайне эффективными ввиду сложности их обнаружения. Такие устройства предъявляют повышенные требования как к оборудованию, так и к проверяющему сотруднику. Перспективной мерой видится разработка анализа спектра на предмет характерных для данной модуляции растянутых пиков, не дающих существенного превышения уровня шумов.

#### *Список литературы*

1. Зайцев А.П., Шелупанов А.А., Мещеряков Р.В. и др. Технические средства и методы защиты информации: Учебник для вузов. // «Издательство Машиностроение», 2009 - 507 с.
2. Применение технологии LoRa без протокола LoRaWAN [Электронный источник] – URL: [https://www.eltech.spb.ru/microchip\\_lora\\_bez\\_protokola lorawan](https://www.eltech.spb.ru/microchip_lora_bez_protokola lorawan)
3. Леушин А. В. LORA как новый вид модуляции. Принцип работы, основные параметры, помехоустойчивость // Техника радиосвязи. 2022. Выпуск 2 (53). С. 28–42.
4. Оптимизация настроек анализатора спектра для повышения чувствительности [Электронный источник] – URL: <https://kit-e.ru/wp-content/uploads/147180.pdf>
5. Проверка дальности LoRa link(a) [Электронный источник] – URL: <https://habr.com/ru/articles/649163/>

Куприянов Е.Н., Осипов Д.Р.

## ОБЗОР СПОСОБОВ ЭКСФИЛЬТРАЦИИ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ЛЕГИТИМНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.И. Иванов

Информационные технологии являются неотъемлемой частью всех сфер деятельности личности, общества и государства. Сейчас, в эпоху глобальной социальной нестабильности, проблема обеспечения информационной безопасности особенно актуальна. Так, за первые 9 месяцев 2023 года, в сравнении с показателями за весь 2022 год, количество проектов по расследованию инцидентов информационной безопасности, выполняемых ежегодно командой Incident Response экспертного центра безопасности Positive Technologies, выросло на 76% [1]. Согласно представленному отчету, одной из преследуемых злоумышленниками целей является краже конфиденциальной информации.

Эксфильтрация, или кража, данных (exfiltration) – это несанкционированное копирование, передача или получение данных с компьютера или сервера жертвы [3]. Матрица MITRE ATT&CK выделяет девять техник, которые злоумышленники используют для кражи данных [7]. Современные средства защиты информации (далее – СЗИ) (SIEM, EDR, NTA, NGFW и другие) достаточно хорошо справляются с выявлением указанных техник [2]. Однако необходимо учитывать то, что для достижения поставленных целей злоумышленники могут использовать легитимное программное обеспечение (далее – ПО), которое не предназначено для того, чтобы наносить вред, но может использоваться злонамеренно. Несмотря на то, что некоторые СЗИ относят ряд таких программ к категории потенциально опасных (riskware), во-первых, не все такое ПО детектируется, а, во-вторых, зачастую легитимные пользователи используют данные программы по своему прямому назначению, соответственно, они добавлены в исключения средств защиты. В рамках данной работы представлен обзор некоторых программных средств, с помощью которых можно осуществлять эксфильтрацию сетевого трафика с компьютера жертвы.

Один из способов эксфильтрации трафика - это установка обратного соединения (reverse connection). Данный метод подразумевает установку связи между компрометированным устройством и управляющим внешним сервером, находящимся под контролем злоумышленника, причем соединение инициируется компьютером жертвы. Такой механизм позволяет обходить NAT. Для его реализации можно использовать SSH клиенты, которые по умолчанию входят во многие операционные системы, а также утилиту netcat. Для операционной системы Windows данная утилита входит в установочный пакет nmap [8], который подписан цифровой подписью Insecure.Com LLC и, согласно ресурсу virustotal.com, не детектируется антивирусными средствами.

Еще один способ эксфильтрации сетевого трафика заключается в использовании VPN. Зачастую данный механизм используется для обеспечения возможности доступа удаленных пользователей во внутреннюю сеть организации, однако злоумышленник может использовать этот же механизм для создания туннеля между своим и компрометированным устройством, что позволит передавать данные через защищенное соединение, обходя таким образом сетевые брандмауэры и механизмы обнаружения инцидентов безопасности. Для реализации данного способа можно использовать, например, OpenVPN [6] – клиент поддерживается большинством операционных систем, подписан цифровой подписью OpenVPN Inc. и, согласно virustotal.com, детектируется лишь средством безопасности Kingsoft.

Также необходимо обратить внимание на достаточно экзотические способы эксфильтрации трафика, основанные на использовании виртуализации. В [4, 5] рассмотрены способы создания

подконтрольной виртуальной машины в атакуемой внутренней сети с использованием QEMU [10] (подписано Universität Mannheim, согласно virustotal.com не детектируется антивирусами) и VirtualBox [9] (подписано Oracle Corporation, согласно virustotal.com не детектируется антивирусами).

В рамках работы представлен обзор лишь некоторых легитимных средств, которые злоумышленники могут использовать для реализации одной из двенадцати тактик атак, описанных в матрице MITRE ATT&CK, а именно эксфильтрации сетевого трафика. Сканирование сети, получение слепков памяти системных процессов, выгрузка данных, удаленный запуск файлов и даже шифрование дисков – все это может быть сделано с использованием доверенных программ, соответственно, для выявления присутствия злоумышленника до того, как он причинит ущерб, необходимо постоянно следить за безопасностью инфраструктуры на всех уровнях, оперативно реагировать на подозрительные события, строить гипотезы о компрометации и проверять их.

#### *Список литературы*

1. Итоги расследований инцидентов ИБ в 2021–2023 годах [Электронный источник] – URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/outcomes-of-IS-incident-investigations-in-2021-2023-years/>
2. Какие техники MITRE ATT&CK выявляют продукты Positive Technologies [Электронный источник] – URL: <https://mitre.ptsecurity.com/ru-RU>
3. Кража данных и способы ее реализации [Электронный источник] – URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/krazha-dannyh-i-sposoby-ee-realizacii/>
4. Пентест. Секреты этичного взлома. – СПб.: БХВ-Петербург, 2022. – 160 с.
5. Сетевой туннель с помощью... QEMU? | Securelist [Электронный источник] – URL: <https://securelist.ru/network-tunneling-with-qemu/108838/>
6. Business VPN For Secure Networking | OpenVPN [Электронный источник] – URL: <https://openvpn.net/>
7. Exfiltration, Tactic TA0010 - Enterprise | MITRE ATT&CK [Электронный источник] – URL: <https://attack.mitre.org/tactics/TA0010/>
8. Nmap: the Network Mapper - Free Security Scanner [Электронный источник] – URL: <https://nmap.org/>
9. Oracle VM VirtualBox [Электронный источник] – URL: <https://www.virtualbox.org/>
10. QEMU [Электронный источник] – URL: <https://www.qemu.org/>

---

Пономарёв К.Г.

#### **МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО ГОЛОСА НА ОСНОВЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВОКОДЕРОВ В НЕЙРОННЫХ СЕТЯХ**

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМКТ ДВФУ  
Научный руководитель - к.т.н., доцент департамента программной инженерии и искусственного интеллекта ИМКТ ДВФУ Е.А. Верещагина

Создание синтетического голоса на основе обучающих звуковых наборов данных становится реальностью благодаря применению современных нейронных сетей. Вокодер или кодировщик голоса создавался в целях экономии частотных ресурсов для синтезирования речи по произвольному сигналу с широким спектром. Сигналом модулятором является человеческий голос, а носителем сигнала является формируемый музыкальный инструмент или синтезатором сигнала. В этой статье будут

подробно рассмотрены методы выявления фальшивых аудиозаписей на основе выявления закономерностей в генерации звука с применением программных инструментов кодировщиков звука.

Нейронный вокодер – это специализированная нейронная сеть, синтезирующая звуковые сигналы на основе мел-спектрограмм по двум параметрам времени и частоты.

Для проведения эксперимента используется открытый набор данных «LibriVoc». Указанный набор содержит 6 нейронных вокодеров: WareNet, WareRNN, WaveGrad, DiffWave, MelGAN и Parallel WaveGAN. Представленные нейронные сети умеют готовый инструментарий для обучения создавать синтетическую речь. В данной выборке в соответствии с мел-спектрограммой производится генерация звука в течение 126 часов в качестве обучающей выборки, а также 118 часов самостоятельно синтезированных выборок звука. Структура некоторых из представленных нейронных сетей созданы по принципу состязательных, то есть нейронная сеть, самостоятельно выявляется фальшивый звук и запускает процесс переобучения [1].

Каждый вокодер синтезирует образцы сигнала из заданной мел-спектрограммы, извлеченной из исходного образца. Предоставляя каждому вокодеру одну и ту же мел-спектрограмму, любые уникальные артефакты, присутствующие в синтезированных аудиодорожках, относятся к конкретному вокодеру, используемому для восстановления аудиосигнала (значения указаны в таблице).

Таблица

Общее количество часов звука, синтезируемых каждым нейронным вокодером

model	train-clean-100	train-clean-360	dev-clean	test-clean
WaveNet	4.28	15.49	0.75	0.76
WareRNN	4.33	14.92	0.67	0.72
MelGAN	4.36	15.26	0.71	0.76
Parallel WaveGAN	4.37	15.54	0.68	0.75
WaveGrad	4.19	15.81	0.76	0.74
DiffWave	4.16	15.37	0.62	0.66
Total	25.69	92.39	4.19	4.39

Применим двоичный классификатор, который использует экстрактор функций внешнего интерфейса модели «RawNet2» с вокодером идентификационный модуль. Это компенсирует недостаточное количество существующих реальных и синтетических образцов человеческого голоса включив образцы самокодирования в набор данных «LibriSeVoc» как дополнительные данные обучения. Обеспечена идентификация вокодера в качестве предлога, чтобы ограничить внешний модуль извлечения функций, чтобы он сосредоточился на артефактах уровня вокодера и построил высокодискриминационные функции для окончательного бинарного классификатора [2].

Эксперимент показал, что модель «RawNet2» достигла высокой производительность классификации на нашем «LibriSeVoc» набор данных и два общедоступных набора аудиоданных «DeepFake». Данный метод в различных сценариях постобработки и продемонстрировал хорошую устойчивость обнаружения к повторной выборке и фоновому шуму.

Авторегрессионные модели — это вероятностные модели, прогнозирующие распределение каждого образца звукового сигнала на основе на всех предыдущих образцах.

WaveRNN — один из авторегрессионных вокодеров, который использует однослойную рекуррентную нейронную сеть для эффективного прогнозирования 16-битного необработанного звука образцы из срезов мел-спектрограммы [3].

Диффузионные модели — это вероятностные генеративные модели, которые запускают диффузионные и обратные процессы. Процесс диффузии характеризуется цепью Маркова, которая постепенно добавляет гауссов шум к исходному сигналу до тех пор, пока шум устраняется. Нейронные сети «WaveGrad» и «DiffWave» являются двумя яркими примерами диффузионных решений модели вокодера. Хотя диффузионные модели являются наиболее эффективными по времени вокодерами, их качество реконструкции уступает моделям авторегрессии, а сгенерированные выборки могут содержать более высокий уровень шума и артефактов.

Качество и эффективность синтетических человеческих голосов, созданные моделями искусственного интеллекта, достигли больших высот. В данной статье рассмотрены методы обнаружения артефактов вокодера, которые могут раскрыть синтезированные искусственным интеллектом голоса и смягчить связанные с ними риски.

*Список источников и литературы:*

1. Соболев В. Н. Эффективность блочного кодирования конечных разностей сигналов параметров вокодера // Т-Comm. 2023. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-blochnogo-kodirovaniya-konechnyh-raznostey-signalov-parametrov-vokodera>
2. А.А. Рыбаков, С.А. Фрейлехман Автоматическое детектирование аудиодефектов с применением параллельных вычислений // Программные продукты и системы. 2022. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomaticheskoe-detektirovaniye-audiodefektov-s-primeneniem-parallelnyh-vychisleniy>
3. Алексеев П. А. АЛГОРИТМЫ КЛАССИФИКАЦИИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ АУДИОЗАПИСЕЙ // Время науки – The Times of Science. 2022. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritmy-klassifikatsii-i-identifikatsii-audiozapisey>
4. Вингертер Н.Н. Феномен согласного звука в постановке эстрадного голоса певца // МНКО. 2017. №4 (65). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fenomen-soglasnogo-zvuka-v-postanovke-estradnogo-golosa-pevtsa>

---

Портретный В.И.

**РАЗРАБОТКА ПЛАНА МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ СУБЪЕКТОВ КИИ**

Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ

В связи с указом Президента Российской Федерации № 250 от 01.05.2022 г., каждый федеральный орган исполнительной власти, высшие исполнительные органы государственной власти субъектов Российской Федерации, государственные фонды, государственные корпорации (компании) и иные организации, созданные на основании федеральных законов, стратегические предприятия, стратегические акционерные общества и системообразующие организации российской экономики, юридических лиц, являющиеся субъектами критической информационной инфраструктуры Российской Федерации в целях повышения устойчивости и безопасности функционирования информационных ресурсов Российской Федерации должен создать структурное подразделение, осуществляющее функции по обеспечению ИБ, в том числе по обнаружению, предупреждению и

ликвидации последствий компьютерных атак и реагированию на компьютерные инциденты, либо возложить данные функции на существующее структурное подразделение.

Для приведения текущих систем ИБ субъектов КИИ в состояние, способное поддерживать описанные выше функции, необходимо провести комплекс мероприятий, направленных на оснащение систем ИБ дополнительными организационными и техническими решениями, а также людскими ресурсами и мероприятиями, направленными на повышение компетенций сотрудников в области обнаружения и реагирования на инциденты ИБ. Данные мероприятия можно описать в виде плана, который позволяет построить систему реагирования на инциденты ИБ или усовершенствовать существующую. Данный план применим к системам информационной безопасности субъектов КИИ без привязки к определённому типу информационной системы, функционирующей в виде объекта КИИ.

На настоящий момент от Правительства РФ или ФСТЭК России нет четко регламентированного плана модернизации систем ИБ для соответствия указу Президента Российской Федерации № 250. В данной работе будет предложен такой комплекс мероприятий.

Предлагаемый план модернизации системы информационной безопасности будет состоять из следующих пунктов:

- создание Политики мониторинга событий и управления компьютерными инцидентами;
- актуализация существующей политики ИБ;
- разработка плана реагирования на компьютерные инциденты;
- создание подразделения по управлению компьютерными инцидентами;
- организация процессов взаимодействия подразделения по управлению компьютерными инцидентами с внутренними подразделениями, а также с внешними организациями;
- дооснащение необходимыми программными и программно-аппаратными средствами для осуществления функций по обнаружению и реагированию на инциденты ИБ;
- осуществление мероприятий по повышению компетенций сотрудников для задач обнаружения и реагирования на инциденты ИБ;
- организация проведения мероприятий по отработке позиций плана реагирования на компьютерные инциденты;

Предлагаемый план актуален для субъектов КИИ, осуществляющих как защиту собственных информационных ресурсов (или объектов КИИ), так и для субъектов КИИ, которые обеспечивают ИБ инфраструктуры, принадлежащей другим организациям (субъектам КИИ). Помимо этого, материалами данного плана могут воспользоваться другие организации, независимо от рода ведения деятельности, формы собственности и масштаба инфраструктуры.

Представленные в плане мероприятия могут быть уточнены и изменены с учетом особенностей функционирования информационных ресурсов организации, составленной для такой организации модели угроз безопасности информации и других факторов, определяемых руководством организации.

В дальнейшем планируется реализация данного плана на объекте КИИ, а также прохождение аудита от организаций-лицензиатов по технической защите конфиденциальной информации от ФСТЭК России.

#### *Список литературы*

1. Указ Президента Российской Федерации «О дополнительных мерах по обеспечению информационной безопасности Российской Федерации» [Электронный источник]: — URL: <https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202205010023?index=3&rangeSize=1>;

2. Указ Президента Российской Федерации «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» [Электронный источник]. — URL: <https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/000120220330001?index=0&rangeSize=1>;
3. ISO/IEC 27035-1:2016 Information technology — Security techniques — Information security incident management — Part 1: Principles of incident management [Электронный источник]: — URL: <https://www.iso.org/ru/standard/60803.html>;
4. Технические средства мониторинга ИБ [Электронный источник]. — URL: <https://itnan.ru/post.php?c=1&p=549050&>;

---

Ретунский Д.А., Коробкин О.П., Курочкин Н.А.

## О СПОСОБЕ ПОСТРОЕНИЯ ЗАЩИЩЕННОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ LoRa

Департамент информационной безопасности ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент Д.А. Полянский

Если вы занимаетесь сбором данных на обширной территории, да еще не охваченной интернетом, возникает задача передачи данных на расстояния, исчисляемые километрами без использования WiFi и сети Ethernet.

Цель данной работы - исследовать возможности применения технологии LoRa для создания системы связи и предложить эффективные методы передачи данных.

В решении этой задачи помогут радиомодули, передающие данные с использованием технологии связи на большие расстояния (Long Range, LoRa). Эта технология запатентована компанией Semtech и реализована в микросхемах приемо-передатчиков (трансиверов), таких как SX1268, SX1276, SX1278.

Главным преимуществом метода передачи голоса с помощью модуляции LoRa является очень высокая помехоустойчивость. А это свойство, благодаря запатентованной модуляции LoRa, позволяет достигать лучших показателей дальности связи в сравнении с традиционными методами модуляции. Это и стало причиной реализации данной системы связи именно на базе LoRa [4].

Аббревиатурой LoRa (Long Range) обозначают лишь вид модуляции, то есть уровень 1 по модели OSI. Протокол канального уровня носит имя LoRaWAN. Но чаще всего «Лорой» называют совокупную систему, использующую LoRa на физическом и LoRaWAN на канальном уровне.

Безопасность — это первоочередное требование для любых разработок в сфере Интернета вещей. Спецификация LoRaWAN определяет два уровня криптографической защиты:

1. уникальный 128-битный ключ сетевой сессии (Network Session Key) общий для оконечного устройства и сетевого сервера;

2. уникальный 128-битный ключ сессии приложения (AppSKey — Application Session Key) общий сквозной на уровне приложений [1].

В качестве основы для данной работы была выбрана распространённая платформа разработки от компании LILYGO - TTGO LoRa32 версия 1.6.1 на 433 МГц. Эта плата основана на процессоре ESP32 и включает в себя модем SX1278, OLED 0.96 дюйма и SD картридер [2],[5],[6]. Для поставленной задачи требуется две подобных платы (приёмник и передатчик). Далее необходим i2s усилитель MAX98357A, микрофон i2s INMP441. В качестве вывода звука на приемнике можно использовать любой малогабаритный динамик на 8 Ом. Для улучшения динамических характеристик приемника

рекомендуется подключить на антенный вход модуль гребенчатого полосового фильтра на диапазон 430-440 МГц. Чтобы не нарушать правила ГКРЧ не превышайте выходную мощность передатчика более 10 миливатт = +10дбм [3].

Также нужно установить базовые настройки на плате. В Меню Инструменты Arduino IDE: Erase All Flash Before Sketch Uploaded - Enable; Flash Frequency - 40Mhz; Board Revision: TTGO LoRa32 (1.6.1); Upload Speed: 115200.

В теории данная компоновка устройств и их настроек позволит передавать голос на большие расстояние с минимальными энергетическими затратами, хоть и качество данной передачи будет не на самом высшем уровне. Так же протоколы LoRa это очень хороший пример реализации не просто защищённого протокола, а протокола, написанного для маломощных устройств и минимизирующего расход и эфирного времени, и вычислительных мощностей везде, где это возможно без значимого ущерба для безопасности, что позволяет достичь ещё и безопасности передаваемых данных.

#### *Список литературы*

1. Обеспечение безопасности в беспроводных протоколах на примере LoRaWAN [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/articles/458394/>
2. Протокол I2S в ESP32 [Электронный ресурс]. – URL: <https://microkontroller.ru/esp32-projects/protokol-i2s-v-esp32-princzipy-raboty-osnovy-programmirovaniya/>
3. Государственная комиссия по радиочастотам [Электронный ресурс]. URL: [https://digital.gov.ru/ru/activity/advisories/7/?utm\\_referrer=https%3a%2f%2fyandex.ru%2f](https://digital.gov.ru/ru/activity/advisories/7/?utm_referrer=https%3a%2f%2fyandex.ru%2f)
4. Что такое LoRa и зачем она нужна? [Электронный ресурс]. – URL: <https://sprut.ai/article/chtotakoe-lora-i-zachem-ona-nuzhna>
5. Интернет-радио на ESP32 и модуле MAX98357A [Электронный ресурс]. – URL: <https://microkontroller.ru/esp32-projects/internet-radio-na-esp32-i-module-max98357a/>
6. LILYGO [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.lilygo.cc>

---

Яворович Э.А., Оземловский Т.Д., Киналь В.В.  
**МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**  
Кафедра компьютерной безопасности ДВФУ  
Институт математики и компьютерных технологий  
Научный руководитель – ассистент ДИБ И.Д. Чабанов

С развитием современных технологий стал все более актуальным вопрос обеспечения безопасности информации в сети. В этом контексте роль искусственного интеллекта становится все более значимой. Алгоритмы машинного обучения и нейронные сети позволяют создавать эффективные системы защиты данных, способные выявлять угрозы и реагировать на них быстро и эффективно [1]. В данной работе анализируется один из способов применения метода машинного обучения в области информационной безопасности.

Random forest - это алгоритм машинного обучения, который заключается в строительстве нескольких решений деревьев для улучшения точности и надёжности предсказаний. Они были разработаны для решения проблемы переобучения, которая возникает, когда модель становится слишком специализированной по данным обучения и не может обойтись с новыми данными [2].

В настоящее время разработан метод выявления компьютерных инцидентов на основе анализа записей в системных журналах операционной системы Microsoft Windows. В основе метода используется алгоритм машинного обучения Random Forest ("Случайный Лес") для создания модели, которая позволяет выявлять объекты, подвергшиеся несанкционированному воздействию. В рамках исследования было проведено экспериментальное исследование с использованием уязвимостей операционных систем Windows, которые широко используются для компрометации целевых информационных систем различными хакерскими группировками. После успешного применения вредоносного ПО были собраны и анализированы записи журналов Security, где каждый эксплойт оставил уникальный набор записей в системных журналах.

Оценка эффективности модели на тренировочной выборке составила 100%, а на тестовой выборке — 89%. Наблюдается разница между этими значениями из-за того, что модель была обучена на данных тренировочной выборки и имеет высокую точность в классификации при их использовании. Однако, когда модель применяется к новым данным тестовой выборки, она не может полностью дублировать свои результаты на тренировочной выборке, особенно если последние являются более структуризованными и предсказуемыми. Использование F меры для оценки эффективности модели обеспечивает равновесие между ложноположительными и ложноотрицательными значениями классификатора. Точность составила 80%, а полнота — 100%. Это означает, что модель успешно распознавала положительные классы на тренировочной выборке, но имела низкий уровень точности на тестовой выборке. В целом, разница между эффективностью модели на тренировочной и тестовой выборках является нормальной и ожидаемой, особенно в случае использования F меры для оценки эффективности [3].

Изучив работу, найдено несколько минусов:

Во-первых, ограниченный набор данных: Исследование использует только одну операционную систему (Microsoft Windows) и не рассмотрено, как алгоритм машинного обучения работает на других системах или с различными типами данных.

Для исправления данного минуса предполагается, что нужно рассмотреть применение алгоритма в операционной системе (Linux). В дальнейшем результаты, полученные в новом эксперименте, можно будет сравнить для выявления скрытых ошибок, и улучшения алгоритма.

Во-вторых, недостаток в оценке эффективности: В исследовании использована только одна мерка эффективности (F-мера), которая может не полностью характеризовать качество модели. Дополнительные метрики, такие как точность, ошибка первого рода и ошибка второго рода, могут быть использованы для более полной оценки эффективности алгоритма.

В качестве дополнительной измерительной единицы предлагается рассмотреть график Learning curve, данная метрика поможет более подробно изучить данные, которые получаются после эксперимента, и вследствие поможет улучшить алгоритм.

В-третьих, недостаточное исследование уязвимостей: Исследование не содержит детального анализа уязвимостей операционных систем Windows и не рассмотрено, как они могут влиять на эффективность алгоритма машинного обучения.

Для исправления этих недостатков следует расширить исследование уязвимостей операционных систем Windows, включая не только известные и документированные уязвимости, но и новые и недокументированные уязвимости. Это позволит получить более полную картину состояния безопасности Windows и его воздействия на эффективность алгоритма машинного обучения.

Использование машинного обучения в области информационной безопасности позволяет эффективно обнаруживать и анализировать угрозы. Однако, данные технологии также имеют свои минусы и требуют постоянного совершенствования. В целом, использование данных алгоритмов в

защите информации имеет большой потенциал и является одним из ключевых инструментов в борьбе с киберпреступностью в современном информационном обществе.

### *Список литературы*

1. Куликова, О. В. Обнаружение веб-атак с использованием машинного обучения / О.В. Куликова, А. В. Корнилова, Д. В. Буровских. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2023. — № 20 (467). — С. 10-13. — URL: <https://moluch.ru/archive/467/102883/> (дата обращения: 30.03.2024).
2. Машинное обучение в информационной безопасности – URL: <https://www.kaspersky.ru/enterprise-security/wiki-section/products/machine-learning-in-cybersecurity>
3. Павлычев А.В., Стародубов М.И., Галимов А.Д. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМА МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ RANDOM FOREST ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИНЦИДЕНТОВ – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_50310109\\_17850778.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_50310109_17850778.pdf)

---

Яшников В.С.

## **УЯЗВИМОСТИ В СОВРЕМЕННЫХ СКУД НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ NFC/RFID + SUBGHZ**

Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – ассистент ДИБ И.Д. Чабанов

Системы контроля доступа на стеке NFC/RFID + SUBGHZ являются неотъемлемой частью современных контрольно-пропускных пунктов (далее – КПП). Однако, несмотря на их распространенность и удобство использования, эти системы сталкиваются с серьезными уязвимостями, которые угрожают безопасности.

В случае прохода пешком через КПП с использованием карт NFC или RFID, основной уязвимостью является возможность несанкционированного чтения информации с этих карт. Радиосигнал, передаваемый при прикладывании карты, легко перехватить и анализировать, что открывает возможность для злоумышленников копировать или подделывать карты доступа. Подобная возможность позволяет злоумышленнику обойти СКУД и получить несанкционированный доступ на охраняемую территорию.

Схожие уязвимости есть и в случае проезда на машине через КПП с использованием радиочастотных пультов для управления шлагбаумом. Разумеется, появляется риск подслушивания и дешифровки коммуникации между пультом управления и системой шлагбаума, что в свою очередь может привести к возможности воспроизведения сигнала или создания копии управляющего устройства.

Таким образом, проблема безопасности в системах контроля доступа на базе технологий NFC/RFID + SUBGHZ требует серьезного внимания и усилий по ее решению, как для пешего пересечения, так и для автомобильного трафика через КПП. На сегодняшний день огромное количество инфраструктур использует устаревшие или потенциально уязвимые решения для аутентификации проходящего через КПП.

Если речь идет о стеке NFC и/или RFID, то известны следующие уязвимости:

1. Dark side – атака использует уязвимость ГПСЧ. Работает на картах MIFARE Classic поколения до EV1 (в EV1 уязвимость ГПСЧ уже устранена). Для атаки нужна только карта, знать ключи не нужно.

2. Nested – атака использует уязвимость CRYPTO1. Атака производится на вторичные авторизации, поэтому для атаки нужно знать один верный ключ карты. На практике для нулевого

сектора часто используют стандартные ключи для работы MAD – с него и начинают. Работает для любых карт на CRYPTO1 (MIFARE Classic и его эмуляции). Атака продемонстрирована в статье «Уязвимость карты Подорожник: бесплатные поездки в наземном транспорте Санкт-Петербурга».

3. Атака прослушиванием обмена – атака использует уязвимость CRYPTO1. Для атаки нужно прослушать первичную авторизацию между устройством чтения и картой. Для этого необходимо специальное оборудование. Работает для любых карт на CRYPTO1 (MIFARE Classic и его эмуляции). Атака продемонстрирована в статье «Взлом транспортных карт «Ситикард» (Нижний Новгород)».

Если речь идет радиопередачи данных SubGHZ (частоты до 1 Ghz), например, «общение» пульта и шлагбаума, то данные перехватываются прослушиванием радиосигнала, а затем анализируются. При использовании динамически изменяющегося (нелинейного) кода всё равно нельзя гарантировать безопасность – несмотря на это злоумышленник все равно может анализировать сигнал и воссоздать алгоритм шифрования сигнала

Таким образом, масштабируя задачи в зависимости от плотности использования системы и количества сотрудников, отделу службы безопасности необходимо:

1. Своевременно модернизировать как физические носители, так и программное обеспечение используемого оборудования.

2. Разработать методические материалы с регулярной проверкой знаний для обучения персонала, управляющего и обслуживающего системы контроля доступа, с акцентом на предотвращение уязвимостей и безопасную эксплуатацию.

3. Рассмотреть возможность расширения проекта по обеспечению безопасности до масштабов города, чтобы создать единые стандарты безопасности и координацию действий между различными организациями и учреждениями.

#### *Список литературы*

1. Григорьева Анастасия. Rfid в 2015 и в 2020 году // Компоненты и технологии. — 2021. — Vol. 3.
2. Mitrokotsa Aikaterini, Beye Michael, PerisLopez Pedro. Classification of RFID Threats based on Security Principles // Security Lab, Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science, Delft University of Technology. — 2011.
3. Das Raghu. RFID Forecasts, Players and Opportunities 20192029. The complete analysis of the global RFID industry. — URL: <https://www.idtechex.com/en/researchreport/rfidforecastsplayersandopportunities20192029/700>. access date: 09.04.2024.
4. Kyle E. Penri-Williams. Implementing an RFID “Mifare Classic” Attack. — URL: [http://www.proxmark.org/files/Documents/13.56%20MHz%20-MIFARE%20Classic/Implementing\\_an\\_RFID\\_MIFARE\\_CLASSIC\\_Attack.pdf](http://www.proxmark.org/files/Documents/13.56%20MHz%20-MIFARE%20Classic/Implementing_an_RFID_MIFARE_CLASSIC_Attack.pdf). — City University London. — 2009.

## Раздел VI

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Алексеев В.М., Троев М.И.

### РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – старший преподаватель О.А. Крестникова

Успех транспортных компаний напрямую зависит от эффективности использования парка транспорта. Под эффективностью использования транспортного средства понимают осуществление перевозок с наименьшими материальными и трудовыми затратами [1].

Существует множество формул, которые используются для оценки показателей эффективности (ПЭ) (Рисунок 1). Те компании, которые имеют наиболее точные и полные вычисления, способны лучшим образом распоряжаться своими ресурсами.

$$\alpha_t = \frac{A_{t3}}{A_c}$$

Коэффициент технической готовности парка автомобилей за каждый рабочий день

$A_{t3}$  – число автомобилей, готовых к эксплуатации;

$A_c$  – списочное число автомобилей

Рисунок 1 – Пример формулы ПЭ

В ходе обзора существующих программных средств, применяемых для расчета ПЭ, были выделены основные критерии для сравнения. Результат сравнительного анализа представлен в таблице ниже.

Таблица

Соответствие критериев и существующих решений

Критерий	Программное средство	1С: Предприятие 8. Управление автотранспортом	Microsoft Excel	LibreOffice	Microsoft Access
Хранение данных в БД с поддержкой целостности данных	+	+	+	+	+
Возможность задавать формулы	+-	+-	+-	+-	+-
Наличие удобного интерфейса	+-	-	-	-	-
Бесплатное	-	-	+	-	-

Как видно из таблицы, основным недостатком существующих программных решений является тот факт, что нельзя задавать формулы отношений измеримых показателей без прямого участия программиста. Это ставит в сомнение скорость адаптации работников к возможным изменениям и к новым требованиям. Следовательно, необходима разработка программной системы с наличием конструктора формул, который позволял бы пользователю самостоятельно задавать правила для расчёта эффективности транспортных средств.

В ходе анализа и моделирования предметной области определены 57 терминов, 41 пара «термин – область возможных значений», введено 11 ограничений. Для описания модели предметной области выбрана онтологическая модель [2].

При проектировании программной системы определены функциональные требования, разработана архитектурно-контекстная диаграмма (Рисунок 2), диаграмма вариантов использования, диаграмма потоков данных и структура базы данных (Рисунок 3), описан основной сценарий диалога системы с пользователем.

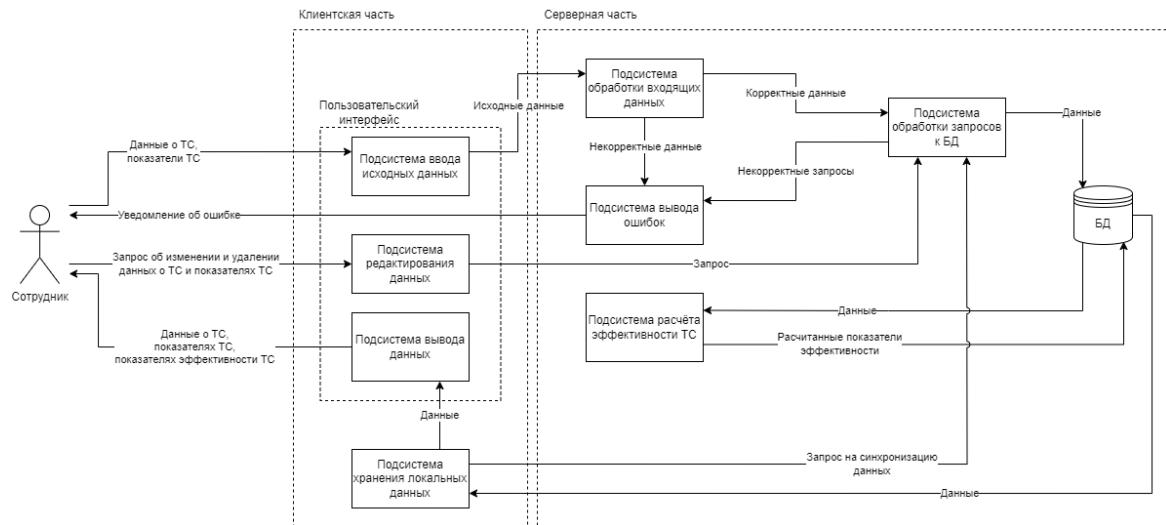


Рисунок 2 – АКД системы «Программная система для расчета эффективности транспортных средств»

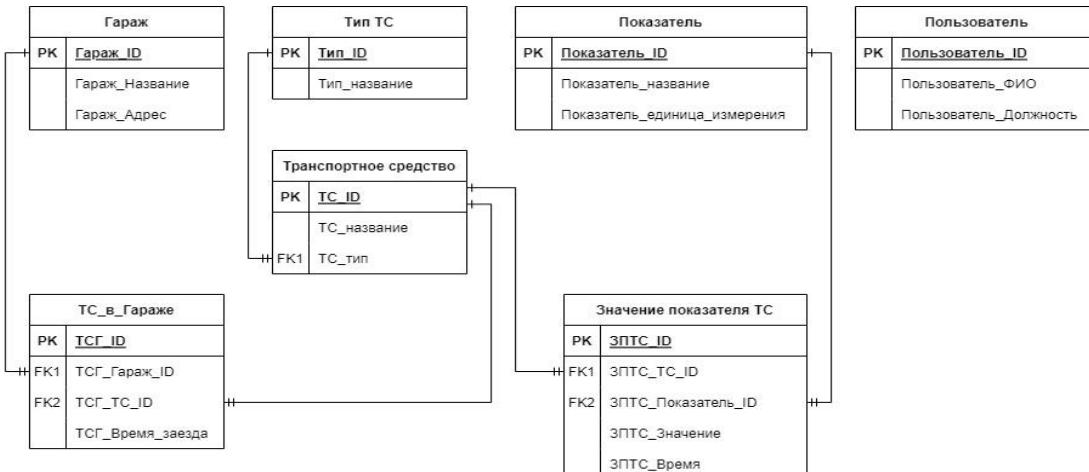


Рисунок 3 – Структура базы данных системы

#### «Программная система для расчета эффективности транспортных средств»

В настоящее время определен стек используемых технологий, ведется доработка пользовательского интерфейса и разработка работающего прототипа. В дальнейшем планируется развитие системы с возможностью ее применения в других предметных областях.

#### Список литературы

- Бычков Д.А., Смирнова Ж.В. Эксплуатация автомобильного транспорта // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении сборник научных статей 4-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – 2019. – С. 48-50.
- Gruber T.R. The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases // Principles of Knowledge Representation and Reasoning. Proceedings of the Second International Conference. J.A. Allen, R. Fikes, E. Sandewell – eds. Morgan Kaufmann. – 1991. – С. 601-602.

Алексеев М.В., Попов А.Д.

## ИНТЕГРАЦИЯ НЕЙРОННОЙ ЯЗЫКОВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ДИАЛОГОВ В ИГРОВОЙ ДВИЖОК

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМИКТ ДВФУ

Научный руководитель – ассистент Семиречёв А. С.

С ростом развития нейронных сетей становится все более актуальной задача интеграции этих технологий в различные области, и одной из наиболее перспективных является игровая индустрия. Данная область актуальна как развлекательная индустрия, стимулирующая технологический прогресс, социальный и образовательный опыт, творческие возможности и инновации. Разнообразие жанров, платформ и развитая инфраструктура для разработчиков делают её важной и перспективной в современном мире.

Способы, которыми нейронные языковые модели могут улучшить обработку контекста игры: учет долгосрочных зависимостей в диалогах и сюжете игры, обучение на данных из конкретной игры или жанра улучшает понимание игрового контекста, обучение распознавать эмоциональный контекст.

На сегодняшний день отсутствует встроенный инструмент для обработки естественного языка (NLP) в игровых движках, что приводит к широкому использованию сторонних ресурсов. Использование внешних библиотек для реализации диалогов в играх снижает уровень удобства и интеграции. Наличие встроенного инструмента NLP в игровом движке позволит значительно упростить и улучшить процесс разработки диалогов и обработки текста, обеспечивая разработчикам более удобное и единое решение для создания глубоких, реалистичных и интерактивных игровых сценариев.

Результаты сравнения существующих программных решений, использующих искусственный интеллект для создания игрового контента приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение существующих решений

Критерий сравнения	AI Dungeon	Character AI	Inworld AI
Качество генерации текста	Довольно качественный текст с хорошей логикой.	Качественный текст, но может быть менее последовательной и иногда случайной в своих ответах.	Обладает высоким качеством генерации текста, с учетом деталей и последовательности.
Решение заведомо некорректных или нежелательных запросов	Может иметь трудности в решении заведомо некорректных или нежелательных запросов.	Также может иметь трудности в решении заведомо некорректных или нежелательных запросов.	Умеет отличать и решать заведомо некорректные или нежелательные запросы, исключая их из генерации текста.
Время ответа	Может иметь немного большее время ответа.	Имеет достаточно быстрое время ответа.	Имеет достаточно быстрое время ответа.
Согласованность и последовательность	Обладает хорошей согласованностью и последовательностью в своих ответах.	Может быть менее последовательной.	Обладает высокой согласованностью и последовательностью в своих ответах.

Так же были рассмотрены игровые движки на требовательность к ресурсам компьютера и возможность интеграции нейронных языковых моделей в таблице 2.

Таблица 2

Сравнение игровых движков

Критерий сравнения	Unreal Engine	Unity	GameMaker
Возможности интеграции нейронной языковой модели	Используя C++, можно взаимодействовать с внешними библиотеками NLP через соответствующие API.	Позволяет использовать язык программирования C# для взаимодействия с внешними библиотеками NLP через API.	Возможна интеграция внешних библиотек, в том числе тех, которые обеспечивают поддержку NLP.
Требовательность к ресурсам компьютера	Известен своим выдающимся графическим движком, что может потребовать более мощных ресурсов компьютера для высокой производительности.	Требует намного меньше системных ресурсов по сравнению с Unreal Engine.	Обеспечивает хорошую производительность в создании 2D игр.

Далее, для решения поставленной задачи нужно:

- выбрать подходящую нейронную языковую модель и обучить её;
- разработать механизм интеграции генерированных диалогов в игровой движок;
- оптимизировать процессы генерации диалогов;
- провести тестирование сгенерированных диалогов в различных сценариях.

*Список литературы*

1. Lai S., Xu L., Liu K., Zhao J. Recurrent Convolutional Neural Networks for Text Classification. – Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, 2015. – 2267 – 2273 p.
2. Qiu, X., Zhang, L., Suganthan, P. N., & Amaratunga, G. A. (2017). Oblique random forest ensemble via Least Square Estimation for time series forecasting. Information Sciences, 420, 249-262.
3. Sepp Hochreiter; Jürgen Schmidhuber. Long short-term memory // Neural Computation — 1997. — Vol. 9, no. 8. — P. 1735—1780
4. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A. N., Polosukhin I., Kaiser L. Attention is All you Need (англ.) // Advances in Neural Information Processing Systems 30 / I. Guyon, U. v. Luxburg, S. Bengio, H. Wallach, R. Fergus, S.V.N. Vishwanathan, R. Garnett — 2017.
5. Radford, Alec, Narasimhan, Karthik, Salimans, Tim, Sutskever, Ilya // Improving Language Understanding by Generative Pre-Training. — 2020. — p. 12.
6. Greg Brockman, Mira Murati, Peter Welinder // OpenAI API. OpenAI Blog — 2020.
7. Zhilin Yang, Zihang Dai, Yiming Yang, Jaime Carbonell, Ruslan Salakhutdinov, Quoc V. Le // XLNet: Generalized Autoregressive Pretraining for Language Understanding – 2020.
8. Джефф Хокинг. // Unity — в действии. Мультиплатформенная разработка на C# : — 2016. — 336 с.
9. GameMaker. Все что нужно, чтобы создать игру [Электронный ресурс] – URL: <https://gamenaker.io>.
10. AI Dungeon. A text-based adventure-story game you direct (and star in) while the AI brings it to life [Электронный ресурс] – URL: <https://aidungeon.com/>

Алексеев Н.Д.

## РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА ПОДДЕРЖКИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЙ-ПОСТАВЩИКОВ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель - к.т.н., профессор Е.И. Антонова

В повседневной жизни для удобства передвижения люди активно используют автотранспорт. По состоянию на 1 января 2024 года в России было зарегистрировано 54,5 млн автомобилей против 53,8 млн штук годом ранее. Продажи новых легковых автомобилей в России по итогам 2023 года достигли 1,06 млн штук, что на 62% больше, чем годом ранее [1]. С января по октябрь 2022 года в России было зафиксировано 19 614 случаев незаконного завладения автомобилем. За 10 месяцев 2022 года злоумышленники угнали 11 601 авто. Краж ГИБДД за тот же период зафиксировано 8013 [2]. Несмотря на обилие камер видеонаблюдения, по статистике Всероссийского союза страховщиков, в 2023-м среднее количество угонов машин в месяц составляло около 50 [3]. Стоит отметить, что количество угонов незастрахованных автомобилей в эту статистику не входит.

Учитывая активный рост числа автомобилей, невозможно оставить незамеченной проблему их угона. Для того, чтобы обезопасить себя от кражи недостаточно оформить только страховку на свой транспорт, важно также вовремя позаботиться о дополнительной защите транспорта. Так возникает проблема защиты автотранспорта, которую решают предприятия-поставщики(дистрибуторы) автомобильных аксессуаров.

Проведем анализ существующих инструментов поддержки рабочих процессов предприятий-поставщиков. В качестве критериев для сравнения приведем результаты анализа предметной области «Дистрибуция противоугонных систем»: тип программного обеспечения, ориентированность на пользователя, способ записи на установку, специализация, наличие розничных продаж, возможность подбора систем, возможность сравнения систем, фильтрация поиска, скорость актуализации данных, тип поставщика.

Сравнение функционала инструментов, используемых как клиентами, так и дистрибуторами представлено в таблице. Для удобства введены следующие обозначения для существующих решений: 1 – A-tuning, 2 – Fargost, 3 – Угона.нет, 4 – Alarm auto, 5 – DNS, 6 – Nissandrop, 7 – 1C Предприятие, 8 – Author alarm [4 – 12].

Таблица

Сравнение существующих решений

Критерий	1	2	3	4	5	6	7	8
Тип программного обеспечения	Сайт	Сайт	Сайт	Сайт	Сайт	Сайт	Десктоп	Сайт
Ориентированность на пользователя (клиент – К, дистрибутор – Д)	К	К	К	К	К	К	Д	К, Д
Способ записи на установку (звонок – а, заказ – б, ЛС – с, форма обратной связи – д)	а, б	–	–	а, д	а, с	а	–	а
Специализация (один бренд – е, мультибрендовость – ф)	ф	ф	ф	ф	ф	е	ф	е

<b>Критерий</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
Наличие розничных продаж	+	+	+	+	+	+	+	-
Возможность подбора систем	-	-	-	-	-	-	-	+
Возможность сравнения устройств	+	-	-	-	+	-	-	+
Фильтрация поиска	+	+	+	+	-	-	+	-
Ведение склада товаров и остатков	+	+	-	+	+	+	+	-
Тип поставщика (СЦ – g, дистрибутор – h, производитель – i)	h	h	g, h	h	g, h	h	h	i, g

Проведенный анализ показал, что ни одно из имеющихся решений не удовлетворяет обозначенным критериям. Поэтому актуальной является разработка удобного инструмента поддержки рабочих процессов предприятий-поставщиков.

В настоящее время разрабатывается программный инструмент на основе клиент-серверной архитектуры, удовлетворяющий требуемым критериям.

#### *Список литературы*

1. Автомобильный рынок России // tadviser [Электронный ресурс] — URL: <https://clck.ru/39YZo2> (дата обращения: 13.03.2024).
2. ГИБДД отчиталась о количестве угонов в 2022 году / [Электронный ресурс] // calmins [сайт]. — URL: <https://clck.ru/39YZqY> (дата обращения: 13.03.2024).
3. Какие автомобили и откуда чаще всего угоняли в 2023 году. Черный список // asn-news [Электронный ресурс] — URL: <https://www.asn-news.ru/smi/39212> (дата обращения: 13.03.2024).
4. Интернет-магазин A-Tuning // a-tuning [Электронный ресурс] — URL: <https://a-tuning.ru> (дата обращения: 13.03.2024).
5. Установка автомобильных сигнализаций и охранных устройств во Владивостоке // Farpost: [Электронный ресурс]. — URL: <https://clck.ru/39YZqe> (дата обращения: 13.03.2024).
6. Сервисы Угона.нет // Угона.нет [Электронный ресурс] — URL: <https://vl.ugona.net/city.html> (дата обращения: 13.03.2024).
7. AlarmAuto: автосигнализации и защита от угона // AlarmAuto [Электронный ресурс] — URL: <https://alarmauto70.ru/> (дата обращения: 13.03.2024).
8. DNS // wikipedia [Электронный ресурс] — URL: <https://clck.ru/39YZmv> (дата обращения: 13.03.2024).
9. DNS // dns-shop [Электронный ресурс] — URL: <https://www.dns-shop.ru/about> (дата обращения: 28.11.2023).
10. Центр установки дополнительного оборудования // nissandop [Электронный ресурс] — URL: <https://nissandop.ru/> (дата обращения: 13.03.2024).
11. 1С: Предприятие 8.3 - что это за программа? Коротко о главном // 1ab [Электронный ресурс] — URL: <https://clck.ru/39YZnq> (дата обращения: 13.03.2024).
12. Противоугонные системы AUTHOR // Author alarm [Электронный ресурс] — URL: <https://author-alarm.ru/> (дата обращения: 13.03.2024).

---

Алексеев Н.Д., Ярош Е.Г.

## ВАЖНОСТЬ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА В ОБЛАСТИ ДИСТРИБУЦИИ ПРОТИВОУГОННЫХ СИСТЕМ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – ассистент А. А. Бураков

В настоящее время в Департаменте программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ ведется разработка инструмента поддержки рабочих процессов предприятий-поставщиков в области дистрибуции противоугонных систем под руководством Антоновой Елены Ивановны. Проведенный анализ существующих решений показал, что на рынке отсутствуют инструменты, полностью удовлетворяющие следующим критериям: тип программного обеспечения веб-приложение, ориентированность как на пользователя-клиента, так и на пользователя-дистрибутора, наличие онлайн-записи на установку, наличие розничных продаж, возможность подбора систем, возможность сравнения систем, фильтрация поиска, ведение склада товаров и остатков, универсальный тип поставщика. Стоит отметить, что пользовательский интерфейс напрямую влияет на продажи дистрибуторов. Для повышения охватов и увеличения продаж актуальна разработка современного интерфейса, которая бы учитывала бы существующий пользовательский опыт и удовлетворяла описанным критериям. Целью данной работы является изучение вопроса важности прототипирования в проектировании пользовательского интерфейса на примере программного средства в области дистрибуции противоугонных систем.

Пользовательский интерфейс представляет собой совокупность программных и аппаратных средств, обеспечивающих взаимодействие пользователя и аппаратуры [1, 2]. Графический пользовательский интерфейс веб-приложения должен обеспечивать удобство использования, быть интуитивно понятен и прост в использовании.

Проектирование – процесс создания проекта-прототипа, прообраза предполагаемого или возможного объекта, состояния, процесса. Прототип — это схематичный план будущего продукта или макет, симуляция финального взаимодействия между пользователем и интерфейсом. Прототипы используются для быстрой визуализации идей, проверки реализуемости, проработки дизайна. С экономической точки зрения выгоднее протестировать 3–5 простых прототипов, чем полгода разрабатывать продукт, понять, что он работает неправильно, и начать процесс с начала [1, 3, 5].

Выделяют следующие виды детализации макетов интерфейса, являющиеся промежуточными этапами прототипирования:

Эскиз – наброски от руки, нарисованные на бумаге или компьютере экраны и диалоговые окна [1, 4].

Вайрфрейм (схема экрана) – это черно-белый подробный план страницы сайта или экрана приложения. Намечается расположение элементов: кнопок, изображений, текстов, чтобы определить, где какой контент будет находиться [4].

Мокап – детализированный вариант вайрфрейма. Появляются цвета, подбираются изображения, продумывается типографика [4].

Прототип – это интерактивный проект, который создан без кода с целью проверки концепции перед запуском [6].

На рисунке 1 продемонстрирована часть работ над проектированием пользовательского интерфейса на примерах фреймов каталога и карточки товара от этапа вайрфрейма до интерактивного прототипа.

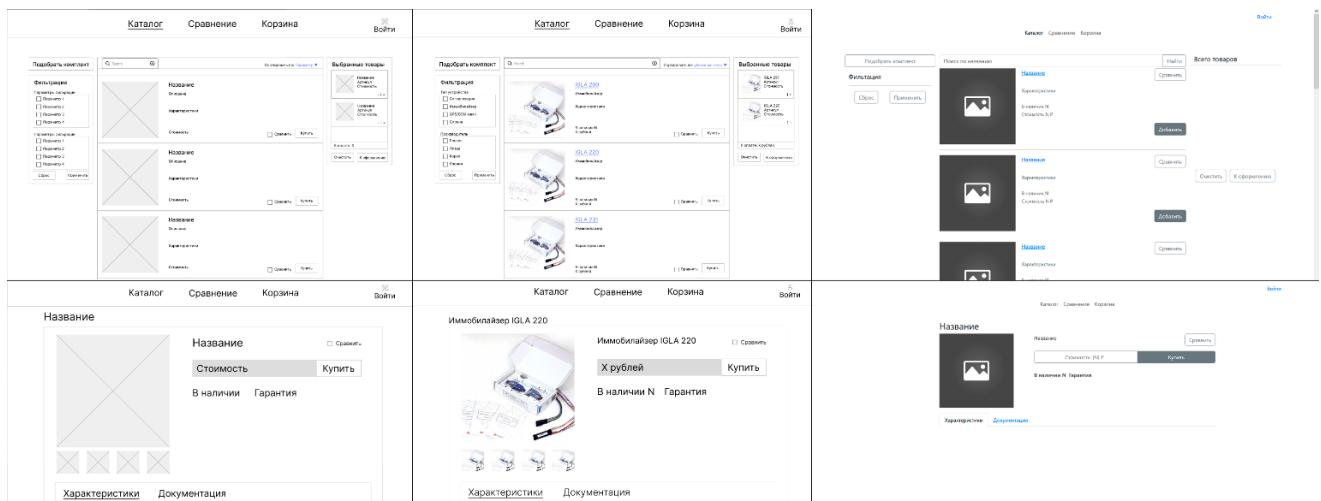


Рисунок 1 – Этапы проектирования пользовательского интерфейса

В результате работы был спроектирован пользовательский интерфейс приложения для дистрибуторов противоугонных систем, который удовлетворяет ранее определенным критериям. В процессе создания интерфейса была изучена целевая аудитория и её нужды, на основании анализа продуман внешний вид продукта, создан и протестирован прототип.

В настоящее время успешно закончено проектирование пользовательского интерфейса приложения. Этап прототипирования позволил проверить и оценить концепцию проекта, проведенное коридорное тестирование позволило получить обратный отклик по макету, проверить, насколько удобным и понятным получился интерфейс, а также внести необходимые корректизы.

### Список литературы

1. Брусенцова, Т. П. Проектирование интерфейсов пользователя: пособие для студ. вузов по спец. // Т. П. Брусенцова, Т. В. Кишкурно. - Минск: БГТУ, 2019. - 170 с.
2. Перл И. А., Калёнова О. В. Введение в методологию программной инженерии: Учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2019. – 53 с.
3. UX-дизайн. Практическое руководство по проектированию опыта взаимодействия. – Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2011. – 336 с., ил.
4. Мокап, вайрфрейм, прототип и скетч // sibirix [Сайт] — URL: <https://blog.sibirix.ru/mockup-wireframe-prototype-sketch/> (дата обращения: 24.03.2024)
5. Проектирование интерфейса: 8 принципов, которые должен знать каждый UX-дизайнер // yandex [Сайт] — URL: <https://practicum.yandex.ru/blog/proektirovaniye-interfejsov/> (дата обращения: 24.03.2024)
6. Что такое прототипирование? // uprock [Сайт] — URL: <https://www.uprock.ru/articles/cto-takoe-prototipirovanie> (дата обращения: 24.03.2024)

Аникин Д.В.

**РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ  
«КАРМАННЫЙ ПУТЕВОДИТЕЛЬ В МИР ИСКУССТВА»**

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – старший преподаватель О.А. Крестникова

В условиях, когда физический доступ к музеям не всегда стал возможен из-за различных ограничений, стали появляться карманные путеводители, позволяющие в виртуальном режиме просматривать предметы искусства, но в таких приложениях не хватает персонализации (например, подбор индивидуальных рекомендаций). Рекомендательная система – это программа, которая предсказывает, какие объекты, в данном случае картины, могут быть интересны пользователю, имея определенную информацию о его профиле [3].

Следовательно, информационная система должна позволять решать следующие задачи:

- Подбор персональных рекомендаций для пользователя.
- Просмотр картин, статей и предстоящих событий.
- Возможность создания пользователем своих коллекций.
- Удобный поиск.
- Бесплатный доступ.

Для того, чтобы получить индивидуальные рекомендации, алгоритм в информационной системе должен анализировать предпочтения пользователя на основе его поисковых запросов в приложении, выборов жанров и авторов картин для добавления в свои коллекции, а также предпочтений в темах статей, которые он читает. Это позволит сделать их достаточно точными и персонализированными для каждого пользователя. Существует множество различных методов построения рекомендательной системы, делятся они на традиционные подходы построения и нейросети [4]. В данной работе рассматриваются традиционные подходы, к которым относятся:

- Простые ассоциативные правила – алгоритм находит взаимосвязи между объектами вида «если пользователя заинтересовала картина 1, то тогда должна заинтересовать и картина 2».
- Простые последовательные правила – алгоритм анализирует закономерность в последовательности предпочтений пользователя, затем на основе этого он выдает рекомендации.
- Марковские цепи – алгоритм считает вероятность для каждого объекта, чтобы узнать заинтересует ли пользователя он или нет.
- Метод ближайших соседей – данный алгоритм не учитывает порядок объектов внутри сессии, он смотрит на последний объект и на его основе выдает ближайших его соседей.

В таблице 1 представлено сравнение традиционных подходов.

Таблица 1

Сравнительный анализ традиционных подходов

Метод	Достоинства	Недостатки
Простые ассоциативные правила	Интерпретируемость, простота метода	Учитывает только простые парные зависимости, не подходит для работы со сложными структурированными, упорядоченными данными
Простые последовательные правила	Интерпретируемость, простота метода	Учитывает только простые парные упорядоченные зависимости, не подходит для работы со структурированными данными

Марковские цепи	Хорошо работает для простых жестко-упорядоченных последовательностей (последовательные рекомендации)	Концентрация на зависимостях находящихся рядом объектов, плохо улавливает связи между не находящимися рядом объектами
Метод ближайших соседей	Простота, интерпретируемость результатов	Необходимость подбора количества соседей, значительное увеличения сложности алгоритма с увеличением объема выборки

Так как в рассматриваемой предметной области нет сложных структурируемых, упорядоченных данных достаточно использование первого метода.

В таблице 2 представлено сравнение существующих программных средств, в которых частично или полностью решаются задачи, указанные выше.

Таблица 2

Сравнительный анализ существующих систем

	АМО – Искусство и Культура	Лувр HD	World Famous Paintings
Персональные рекомендации	+/-	-	-
Просмотр картин	+	+	+
Поддержка нескольких коллекций пользователя	-	-	+/-
Удобный поиск	+/-	+/-	-
Образовательные материалы	+/-	+	-
Бесплатный доступ	+/-	+/-	+/-
Просмотр предстоящих событий	-	-	-

Из таблицы 2 можно сделать вывод о том, что ни одно из рассмотренных решений не удовлетворяет полностью всем требованиям. Следовательно, необходима разработка программной системы, которая бы позволяла автоматически подбирать персональные рекомендации с учетом информации его профиля.

*Список литературы*

1. Swift Documentation [Электронный источник] - Декабрь 2023 – Режим доступа: <https://developer.apple.com/documentation/swift> (дата обращения 10.01.2024)
2. UIKit Documentation [Электронный источник] – Январь 2024 – Режим доступа: <https://developer.apple.com/documentation/uikit> (дата обращения 10.01.2024)
3. Фальк К. Рекомендательные системы на практике - ДМК-Пресс, 2020 (дата обращения 10.03.2024)
4. Обзор методов построения рекомендательных систем на основе сессий – Апрель 2024 – Режим доступа: <https://www.sberbank.ru/ru/person/kibrary/articles/obzor-metodov-postroeniya-rekomendatelnykh-sistem-na-osnove-sessij> (дата обращения 10.03.2024)

Башинский Р. А., Терёхин Б. Д.

## ИНТЕРАКТИВНЫЙ ТРЕНАЖЕР УЛУЧШЕНИЯ ПРОИЗНОШЕНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель - д.т.н., профессор И.Л. Артемьева

В современном мире остро стоит вопрос межнациональной коммуникации. Изучение иностранного языка дает больше преимуществ в поиске и получении информации, увеличивает возможности работы с международными корпорациями, помогает налаживанию сотрудничества и дилерских сетей. Важное место в изучении иностранного языка занимает изучение звуковых особенностей этого языка. Чаще всего, при общении, люди понимают друг друга из-за контекста, конкретной речевой ситуации и интонации.

Для успешного построения общения необходимо уметь владеть данными аспектами любого из языков. Наличие некорректного произношения или, проще говоря, акцента приводит к недопониманиям и сложностям в общении. Исходя из этого, существует необходимость оттачивать навыки произношения, ликвидация акцента и улучшения понимания устной речи. И далеко не всегда это можно сделать финансово эффективно, а еще сложнее – не выходя из дома. При отсутствии взаимопонимания между собеседниками никто из разговаривающих не сможет добиться своей коммуникационной цели.

Обосновывая актуальность существования программной системы, анализирующей звуковые качества произношения пользователя при помощи нейронной сети, необходимо сравнить функции существующих аналогов, которые доступны людям на данный момент, с потенциальными или гипотетическими функциями разрабатываемой программной системы.

В таблице, приведенной ниже, представлено сравнение функциональных особенностей существующих программных систем [1][2][3][4].

Таблица

Сравнение функциональности существующих решений

Функции и аспекты программных систем	Существующее решения			
	Duolingo	Rosetta Stone	ELSA speak	English Pronunciation
Наличие теоретического материала	+	-	+	+
Структурность обучения	+	-	+	-
Наличие отчета с ошибками в произношении	-	-	+	-
Ориентированность на несколько языков	+	+	-	-
Хранение информации о прогрессе пользователя	+	-	+	-
Автоматическое определение правильности произношения	+	+	+	+
Ориентированность на различные национальности	-	-	-	-

Детальный анализ существующих решений показал, что ни одно решение не покрывает весь спектр функциональных критериев сравнения. Более того, количество решений в открытом доступе, которые представляют из себя готовый продукт или хотя бы функционирующий прототип –

исключительно малое. Это значит, что на текущий момент, плюрализм выбора программных средств не способен удовлетворить каждую обособленную группу потребностей и требований.

### Список литературы

1. Платформа для изучения иностранного языка Duolingo [Электронный источник] – URL: <https://www.duolingo.com>
2. Мобильное приложение Rosetta stone [Электронный источник] – URL: <https://www.rosettastone.com/>
3. Мобильное приложение ELSA speak [Электронный источник] – URL: <https://elsaspeak.com/en/>
4. Мобильное приложение English Pronunciation [Электронный источник] – URL: <https://com.awabe.englishpronunciation/>

---

Бобров Д.В.<sup>1</sup>

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ 2D МОДЕЛИ ИЗИНГА С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

<sup>1</sup>Департамент информационных и компьютерных систем ИМИКТ ДВФУ

<sup>2</sup>Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий ИНТиПМ ДВФУ

Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент К.С. Солдатов<sup>2</sup>

На сегодняшний день исследование фазовых переходов и критических явлений в материалах плоских решеток является актуальной темой как с теоретической, так и с практической точки зрения. Модели, в которых происходят фазовые переходы, применяются в различных областях науки и техники, включая статистическую физику, физику конденсированного состояния, а также в смежных дисциплинах, таких как биомедицина, биология, экология, экономика [1].

В данной работе в качестве исследуемой системы была выбрана модель Изинга на квадратной решётке с линейным размером  $L=10$ . Гамильтониан системы имеет вид:

$$H = \sum_{i,j}^N S_{i,j} \quad (1)$$

Двумерная квадратная решётка спинов Изинга (рисунок 1.А) является одной из самых простых моделей статистической физики, в которой можно наблюдать фазовый переход второго рода.

Между высокотемпературной парамагнитной фазой и низкотемпературной ферромагнитной фазой существует хорошо изученный фазовый переход при температуре  $T_c = 2.26934$  [2]. Точный расчет критической температуры является экспоненциально сложной вычислительной задачей в зависимости от размера исследуемой системы, поэтому для решения, как правило, используются приближенные вероятностные методы. В данной работе предложен новый подход к определению критической температуры с помощью алгоритма нейронной сети. Основная идея заключается в классификации конфигураций системы, полученных алгоритмом Метрополиса [3] в температурном диапазоне в области  $T_c$ . Для этого была использована полно связная нейронная сеть с прямой связью, для выполнения контролируемого обучения непосредственно на термализованных и необработанных конфигурациях, полученных с помощью Монте-Карло моделирования [4, 5].

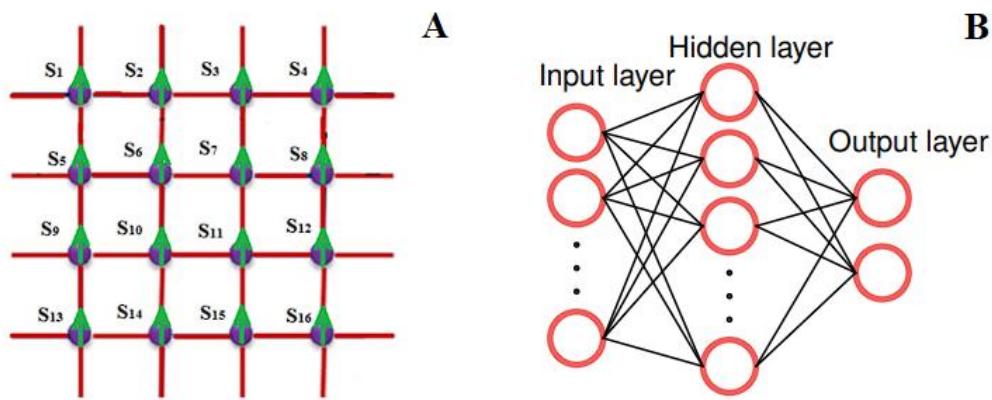


Рисунок 1 – Квадратная решетка спинов Изинга (А), архитектура нейронной сети (В)

Нейронная сеть состоит из входного слоя со значениями, определяемыми спиновыми конфигурациями, скрытого слоя со 100 нейронами и сигмоидальной функцией активации и аналогового выходного слоя (рисунок 1.В). При обучении на широком диапазоне данных при температурах выше и ниже  $T_c$  нейронная сеть способна правильно классифицировать данные в тестовом наборе с точностью приблизительно 98%. Результат представлен на рисунке 2.

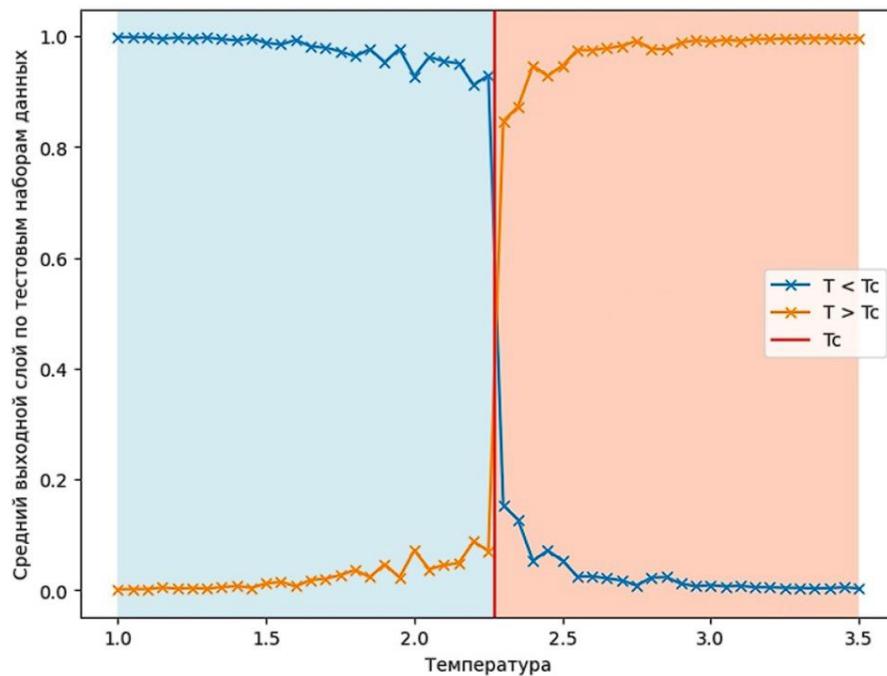


Рисунок 2 - Средний выходной слой по тестовым наборам данных относительно температуры

Полученное значение хорошо сходится с точным решением Онзагера, что подтверждает достоверность работы предложенного нейросетевого метода. В дальнейшем планируется применить алгоритм на других более сложных моделях, таких как XY, Питтса, Гейзенберга.

#### Список литературы

1. Shiina K. et al. Machine-learning studies on spin models //Scientific reports. – 2020. – Т. 10. – №. 1. – С. 2177.

2. Onsager L. Crystal statistics. I. A two-dimensional model with an order-disorder transition //Physical Review. – 1944. – Т. 65. – №. 3-4. – С. 117.
3. Metropolis N. et al. Equation of state calculations by fast computing machines //The journal of chemical physics. – 1953. – Т. 21. – №. 6. – С. 1087-1092.
4. Abadi M. et al. Tensorflow: Large-scale machine learning on heterogeneous distributed systems //arXiv preprint arXiv:1603.04467. – 2016.
5. Carrasquilla J., Melko R. G. Machine learning phases of matter //Nature Physics. – 2017. – Т. 13. – №. 5. – С. 431-434.

---

Больгев Л.И.

## ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ЛАНДШАФТНОЙ ГЕОГРАФИИ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМИКТ ДВФУ

Научный руководитель – д.т.н., профессор И.Л. Артемьева

Человеку для проведения научных исследований и осуществления профессиональной деятельности в географии, геологии, почвоведении, ботанике, экологии, растениеводстве, животноводстве, строительстве и иных областях часто необходимы знания о свойствах ландшафтов, фундаментов, рельефов, климатов, почв, вод и растительности той или иной местности. Географам нужно знать рельеф местности и объекты на ней, почвоведам – расположение почв и их характеристики, ботаникам – виды растительности на территории, земледельцам и агрономам – плодородность почв и подходящие для них растения, пастухам – местоположение подходящих кормовых растений для выпаса скота, геологам и геодезистам – характеристики ландшафтов и фундаментов, гидрографам – расположение и характеристики водоёмов на местности, экологам – особенности климата.

Таким образом, людям необходимо иметь точную информацию о расположении тех или иных ландшафтов, фундаментов, почв, водоёмов, рельефов, грунтов и климатических зон. Ошибки в определении расположения этих объектов могут существенно снизить эффективность деятельности, ведь сельскохозяйственные растения будут плохо расти на неподходящих почвах или при неподходящем климате, здания – быстро ветшать и обрушаться на неподходящих грунтах. Геологи и географы не смогут работать без информации о свойствах рельефов и ландшафтов, а экологи не смогут строить никаких прогнозов и давать рекомендации без знаний о климате и природных условиях нужной местности.

Поэтому актуальна разработка основанной на знаниях системы в области ландшафтного дизайна, способной помочь человеку в проведении исследований и осуществлении профессиональной деятельности, связанных с ландшафтами, рельефами, фундаментами, почвами, водами, климатами и растительностью.

Целью работы является создание основанной на знаниях программной системы в области ландшафтного дизайна, содержащей информацию о ландшафтах, рельефах, фундаментах, почвах, климатах, водах и растительности на местности и способной помочь пользователю осуществлять научные исследования и профессиональную деятельность в этой области.

Были проведены рассмотрение и сравнительный анализ различных известных существующих программных систем в области ландшафтного дизайна, таких как:

- ГИС Панорама[1],
- Торосад[2],

- Soil-db[3],
- NextGIS[4],
- Complete Landscape Designer 3[5],
- Mapdreamer[6].

Результаты анализа приведены в таблице. Сравнительный анализ программных систем показывает, что все они обладают значительным числом недостатков и ни одна из них не удовлетворяет всем критериям сравнительного анализа одновременно.

*Таблица*

Результаты анализа существующих решений

Критерии	Наглядность и члобство	Простота освоения	Ландшафты	Фундаменты	Рельефы	Климаты	Воды	Почвы	Растительность	Мобильное приложение	Время работы	Цены и монетизация	Типы проф. задач (БЗ)	Методы ИИ для БЗ
ГИС Панорама	+	+	+	-	±	-	+	-	+	-	?	-	-	-
Topocad	±	-	+	-	+	-	-	-	±	-	?	-	-	-
Soil-db	+	+	±	-	±	-	±	+	-	±	-	+	-	-
NextGIS	+	+	±	-	±	-	±	±	±	+	±	±	-	-
Complete Landscape Designer 3	+	+	±	-	±	-	-	±	+	-	+	±	-	-
Mapdreamer	-	-	±	-	±	-	±	-	-	-	±	+	±	±

На данный момент был проведён обзор литературы и анализ существующих решений в данной предметной области. Также сейчас готов простой прототип программной системы. В будущем планируется продолжать разработку и превращение прототипа в полноценную программу.

#### *Список литературы*

1. ГИС “Панорама”. Трёхмерное моделирование. [Электронный источник] – URL: [https://gisinfo.ru/3d/3d\\_model.htm](https://gisinfo.ru/3d/3d_model.htm)
2. Геодезическая программа Topocad. [Электронный источник] – URL: <https://topocad.ru>
3. Фридланд и Урусевская с соавторами. Картографический блок. Почвенная карта России. [Электронный источник] – URL: <https://soil-db.ru/map>
4. NextGIS – готовое решение для работы с геоданными. [Электронный источник] – URL: <https://nextgis.ru/about/>
5. GARDENER.RU. Ландшафтный дизайн и архитектура сада. Complete Landscape Designer 3. [Электронный источник] – URL: <https://gardener.ru/library/programs/landscape/page14.php>
6. Topi Tjukanov. Experiments with points, lines & polygons. [Электронный источник] – URL: <https://tjukanov.org/mapdreamer>

---

Борщевский И.О., Пяткин А.В.

**ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНОВ И ПРИНЦИПОВ ЮЗАБИЛИТИ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ОБУЧАЮЩЕГО ТРЕНАЖЁРА ПО  
АЛГОРИТМАМ БИНАРНЫХ ДЕРЕВЬЕВ**

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМИКТ ДВФУ

Научный руководитель – ассистент А.А. Бураков

Интерфейс — это совокупность средств и правил, обеспечивающих взаимодействие устройств вычислительной машины или системы обработки информации и (или) программы [1]. Основной целью интерфейса является обеспечение быстрого и интуитивно понятного пути к получению конечного результата и создание продуктивного контакта между системами. Для создания логически верного и грамотного интерфейса применяются законы и принципы юзабилити.

Юзабилити — свойство системы, продукта или услуги, при наличии которого конкретный пользователь может эксплуатировать систему в определённых условиях для достижения установленных целей с необходимой результативностью, эффективностью и удовлетворённостью [2].

Законы и принципы юзабилити для интерфейсов — это ключевые постулаты, которые помогают разработчикам и дизайнерам создавать более удобные, интуитивно понятные и эффективные пользовательские интерфейсы. Принцип отличается от закона тем, что закон — это точное применимое только к конкретной области знания утверждение о природе вещей, а принцип — это некое общее утверждение, имеющие максимально широкую сферу применения, которая может выходить за рамки отдельных областей знания.

Командой программистов Департамента программной инженерии и искусственного интеллекта ИМИКТ ДВФУ ведётся разработка desktop-приложения игрового обучающего тренажера по алгоритмам бинарных деревьев. Анализ предметной области показал, что целевой аудиторией являются пользователи любого возраста и ни одна из существующих обучающих игр не разработана по данной теме. Проблемой реализации игрового тренажёра является создание привлекательного и легкого в освоении для новых пользователей интерфейса.

Целью данной работы является создание грамотно спроектированного интерфейса для обучающего тренажера с использованием законов и принципов юзабилити для более приятного и быстрого усвоения материала и возможности привлечь обучающихся к легкому изучению сложных систем.

Существует множество различных законов и принципов юзабилити, которые применяются для улучшения пользовательского интерфейса. Можно выделить основополагающие и вспомогательные законы и принципы [5]. Основополагающие универсальны и применимы ко всем проектам, а вспомогательные используются в особенных случаях. Рассмотрим наиболее известные основополагающие законы и принципы:

– Закон Фиттса — это модель, предсказывающая время, необходимое для быстрого перемещения курсора к целевому объекту на экране. Он гласит что, чем больше размер цели и чем ближе она находится к текущему положению курсора, тем быстрее её можно выбрать. Это особенно актуально при проектировании кнопок и других интерактивных элементов [4].

– Принцип эффекта градиента цели — когда человек ближе к своей цели, то он с большей вероятностью добьется прогресса в достижении этой цели. Согласно эффекту градиента цели, пользователи будут работать над достижением цели тем быстрее, чем ближе они к ее завершению. По

этой причине создание впечатления, будто пользователи искусственно продвигаются к цели, поможет повысить вероятность того, что у пользователей будет мотивация завершить эту задачу.

– Принцип Миллера гласит, что «в среднем человек может хранить в своей рабочей памяти только около семи элементов». Когда это правило не соблюдается, люди вынуждены думать больше, чем следует. UX-дизайнеры часто называют это явление когнитивной перегрузкой.

– Закон подобия – пользователи склонны видеть в дизайне схожие аспекты, даже если эти части в дизайне далеки друг от друга [5]. Закон подобия указывает на то, что пользователи видят визуально сопоставимые части дизайна, например те, которые имеют одинаковый цвет, размер, форму, положение и движение, как связанные по смыслу или функционированию.

Вышеперечисленные законы и принципы были выделены как наиболее важные для реализации интерфейса обучающего тренажера. Тем не менее, существуют и другие законы и принципы, такие как закон Прегнанца, закон общего региона, принцип пикового конца и закон Постеля.

Соблюдение законов и принципов UI/UX помогает создать наиболее удобный и понятный для пользователя продукт, успешно выполняющий свои функции. Грамотно спроектированный UI/UX дизайн позволяет повысить удовлетворенность и вовлеченность пользователя.

На основе вышеперечисленных законов и принципов был разработан прототип интерфейса для игрового тренажера. Были выделены основные сценарии диалога с пользователем, по ним далее спроектированы схематичный интерфейс, который в дальнейшем был доработан визуальной составляющей (Рисунок 1, (а-г)).

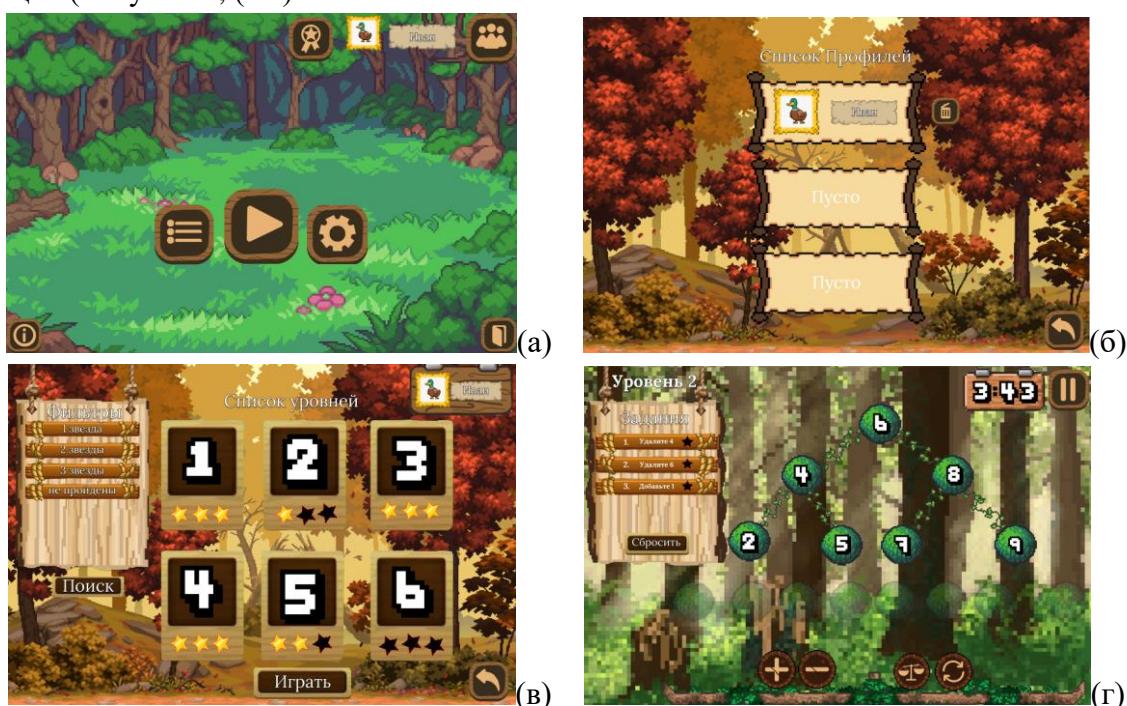


Рисунок 1 – Окна «Главное меню»(а), «Меню профилей»(б),  
«Меню выбора уровня»(в), «Уровень»(г)

В данный момент времени обучающий тренажёр находится на этапе реализации. В целом, применение законов и принципов юзабилити требует понимания контекста использования, гибкости в подходе и постоянного стремления к улучшению пользовательского опыта.

#### Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9241-210-2016. Эргономика взаимодействия человек-система. Часть 210. Человеко-ориентированное проектирование интерактивных систем

2. ГОСТ Р 50304–92 Системы для сопряжения радиоэлектронных средств интерфейсные.

Термины и определения.

3. Научный подход к юзабилити сайта: законы Хика и Фиттса [Эл. ресурс] URL: <https://pro.rbc.ru/demo/60583a009a794746c5677dce>

4. Эвристики Нильсена: 10 принципов юзабилити для дизайна интерфейсов [Эл. ресурс] URL: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>

5. 21 закон UX для создания успешных проектов [Эл. ресурс] URL: <https://hapy.design/journal/laws-of-ux/>

---

Васильев О.И.

## ВЛИЯНИЕ ФАКТОРА СОБСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ РЕПОЗИТОРИЕВ НА ВЫБОР АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ БИБЛИОТЕЧНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ БИБЛИОТЕКИ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель - д.т.н., профессор И.Л. Артемьева

Развитие современного общества идёт параллельно с развитием информационных технологий, цифровизация охватывает всё новые и новые сферы жизни общества вовлекая в процесс цифровой трансформации разные учреждения в том числе и библиотеки [2].

Процесс информатизации библиотек проходит с учётом непрерывного развития информационных технологий требуя от библиотек постоянного обновления их информационных ресурсов как на уровне аппаратного обеспечения, так и на уровне программного обеспечения. Основой программного обеспечения библиотеки являются автоматизированные библиотечно-информационные системы, которые в свою очередь тесно интегрированы с другими информационными системами используемыми в библиотеках в том числе библиотечными репозиториями, которые представляют собой электронную библиотеку, формируемую самим учреждением.

Обозначим понятие электронной библиотеки в соответствии с ГОСТом — это информационная система, предназначенная для организации и хранения упорядоченного фонда электронных объектов, и обеспечения доступа к ним с помощью единых средств навигации и поиска [3].

В настоящее время по-прежнему актуальна проблема совершенствования электронных библиотек в силу разного рода причин [1]. Соответственно можно говорить о том, что она является одним из факторов, влияющих на выбор автоматизированной библиотечно-информационной системы для библиотеки.

Для понимания данного фактора можно привести пример системы автоматизации библиотек ИРБИС, которая в ряде случаев при желании потенциального заказчика может быть дополнена СК-Электронная библиотека, соответственно это с одной стороны упрощает для клиента задачу выбора платформы для собственной электронной библиотеки, однако с другой стороны может создать дополнительные рабочие нюансы в случае необходимости перехода с ранее внедрённой программной платформы используемой для реализации электронного репозитория.

Данный фактор можно рассмотреть с позиции оценки качества разных АБИС, ведь если библиотека не обладает необходимыми ресурсами для перехода на новую программную систему для электронной библиотеки, она возможно задумается о целесообразности перехода и на новую для неё АБИС, с другой стороны если библиотека заинтересована и имеет ресурсы для обновления программной

системы для своего электронного репозитория, у неё в процессе перехода может возникнуть желание и понимание того, что следует перейти и на другую АБИС. Данный параметр можно потенциально успешно использовать в рамках продвижения разных АБИС среди разных библиотек.

В заключение можем сказать, что интеграция АБИС с системой электронной библиотеки создаёт оптимальное информационное пространство как для работы библиотекарей так для продвижения услуг библиотеки среди её читателей.

Исходя из этого ведётся работа по исследованию методов и программных средств оценки качества программных систем, а именно автоматизированных библиотечно-информационных систем.

### *Список литературы*

1. Васильев, О. И. Проблема совершенствования электронных библиотек университетов / О. И. Васильев // Материалы региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам. – Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2019. – С. 152 – 153.
2. «Об утверждении Стратегии развития библиотечного дела на период до 2030 года» : Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13 марта 2021 года
3. Электронные библиотеки. Основные виды. Структура. Технология формирования. ГОСТ 7.0.96-2016: национальный стандарт Российской Федерации.: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 декабря 2016 г. № 2003-ст. – 10 с.

---

Воробьева К.В., Кузнецов Е.А.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ГЕНЕРАЦИИ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ И РАСПОЗНАВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ  
Научный руководитель – д.т.н., профессор И.Л. Артемьева

Своевременное обнаружение пожаров позволяет предотвратить огромные экономические потери и человеческие жертвы. Для раннего и своевременного обнаружения пожаров осуществляется мониторинг территории с использованием наземных, авиационных и спутниковых систем.

За последние десятилетия в России и за рубежом было разработано несколько аналогичных систем мониторинга пожарной безопасности, однако их общим недостатком является неполная автоматизация и наличие большого количества настраиваемых параметров. Текущие решения применимы либо к закрытым помещениям, либо к огромным лесным пространствам [1].

Компьютерное зрение - область искусственного интеллекта и связанные с ним технологии получения изображений объектов реального мира, их обработки и использования полученных данных для решения разного рода прикладных задач без участия (полного или частичного) человека [2].

Для задач компьютерного зрения в области распознавания изображений широко используются сверточные нейронные сети, представляющие собой архитектуру, специально адаптированную под распознавание и классификацию объектов на изображении.

Для создания нейросети, обнаруживающей объекты на изображении, требуется обучающая выборка, составленная из изображений с целевым объектом. Создание подобной выборки может быть затруднено из-за сложности получения изображений с целевым объектом [3].

Использование методов генерации изображений позволяет получить множество различных изображений, подходящих для создания обучающей выборки. Данное решение позволяет обрабатывать множество вариаций расположения объекта на изображении без необходимости поиска подходящих изображений.

Для создания смоделированной обучающей выборки можно использовать инструменты для работы с трехмерной графикой и набор генеративных алгоритмов для создания сцен, имитирующих реальные ситуации [4].

Для имитации реальной обучающей выборки требуется обеспечить высокую неповторимость отдельных сгенерированных сцен. Этого можно достичнуть при помощи коллапса волновой функции. Данный алгоритм позволяет строить уникальные сцены с высокой степенью сходства между ними, что позволит специализировать выборку на изображениях городской инфраструктуры [5].

Алгоритм коллапса волновой функции в каждой итерации выбирает случайный раздел среди ненаблюдаемых и сворачивает его в определенное состояние, затем результат будет распространяться на соседние разделы, и их энтропии будут обновлены, чтобы отразить последние изменения. Этот процесс повторяется до тех пор, пока все разделы не перейдут в свернутое состояние или разделы не перейдут в противоречивое состояние. Последнее означает, что алгоритм не смог найти возможный вывод и должен либо вернуться назад, либо начаться снова [6].

На основе результата работы коллапса волновой функции можно получить карту размещения объектов для дальнейшей работы в инструментах трехмерного моделирования. Данная карта позволит создать неповторимую сцену, отвечающую требованиям нашей обучающей выборки.

Благодаря тому, что при использовании алгоритмов генерации выборку можно создавать автоматически, уменьшается риск того, что размер выборки может быть слишком малым для создания эффективно работающей нейросети, и за счет возможности редактирования алгоритма создания выборки можно избежать того, что выборка будет слишком узко специализирована.

### *Список литературы*

1. ГОСТ Р 53325-2012. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний. - Введ. 2012- 11-22. - М. : Стандартинформ, 2014. - 142с.: ил.
2. Как работает компьютерное зрение// [Электронный ресурс]. // Режим доступа: <https://blog.algorithmia.com/introduction-to-computer-vision/>.
3. Денисов, А.Н. Информационно–функциональный подход к управлению силами и средствами на пожаре [Электронный ресурс] / А.Н. Денисов, М.В. Шевцов // Технологии техносферной безопасности: интернет–журнал. – 2010. – №3(31). // Режим доступа: <http://agps–2006.narod.ru/ttb/2010–3/01–03–10.ttb.pdf>.
4. Виды 3D-моделирования: полигональное, сплайновое и NURBS моделирование. [Электронный ресурс]. // Режим доступа: <https://koloro.ua/blog/3D-tehnologii/vidy-3D-modelirovaniya-poligonalnoe-splajnovoe-i-nurbs-modelirovanie.html>.
5. The wave function [Электронный ресурс]. // Режим доступа: <https://dev.to/kavinbharathi/the-fascinating-wave-function-collapse-algorithm-4nc3>.
6. Алгоритм процедурной WFC-генерации [Электронный ресурс]. // Режим доступа: <https://dtf.ru/gamedev/1592155-wave-function-collapse-dlya-procedurnoy-generacii-v-unity>.

Гандзюк Д.А., Шевелев Р.В.

## ВЫЯВЛЕНИЕ УЯЗВИМОСТЕЙ В СМАРТ-КОНТРАКТАХ С ПОМОЩЬЮ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – старший преподаватель О.А. Крестникова

В настоящее время получила признание технология блокчейн [2], благодаря суждению, что следующий этап развития интернета - Web3, будет основываться именно на блокчейне и его возможностях безопасности и децентрализации. Крупные технологические компании вкладывают деньги в исследования в области блокчейна и внедряют эти технологии в свои продукты.

Неотъемлемой частью блокчейна являются смарт-контракты [2], которые являются программами, исполняемыми в особой среде блокчейна и запускающими децентрализованные приложения. Смарт-контракты хранятся публично, а также не имеют возможности быть изменёнными после загрузки в блокчейн, поэтому критически важно проводить тщательную проверку кода на возможные уязвимости. Проведение аудита поможет выявить ошибки в безопасности на ранней стадии, что защитит от возможной кражи средств и других рисков.

На данный момент используют следующие методы обнаружения уязвимостей в смарт-контрактах:

- статический анализ [2] — метод анализа программного кода, при котором происходит оценка его структуры, синтаксиса и свойств без фактического выполнения программы (производится специальным ПО).
- динамический анализ [1] — метод анализа программного кода, который осуществляется путем фактического выполнения программы или её части.
- ручной анализ — анализ программного кода человеком-аудитором без использования ПО.
- фазинг-тестирование [1] — техника тестирования, проверяющая может ли при обработке некорректных входных данных возникнуть странные в поведении программы, которые не закладывали разработчики.

В таблице ниже представлено сравнение нескольких программных средств для проведения аудита кода смарт-контракта на основе нескольких ключевых критериев, которые используются для оценки качества работы алгоритмов в задачах машинного обучения.

Таблица

Сравнение программных средств

Название ПС	Oyente <sup>[3]</sup>	Mythril <sup>[4]</sup>	Securify <sup>[5]</sup>	Slither <sup>[6]</sup>	MythX <sup>[7]</sup>
Тип анализа	Статический	Статический	Статический	Статический	Динамический
Доступность	Бесплатно	Бесплатно	Бесплатно	Бесплатно	Платно
Точность	Средняя	Высокая	Низкая	Средняя	Средняя
Полнота	Высокая	Высокая	Средняя	Средняя	Средняя
Удобство использования	Среднее	Высокое	Низкое	Высокое	Высокое
Производительность	Низкая	Средняя	Высокая	Высокая	Низкая

Как видно из таблицы, рассмотренные программные средства, за исключением одного – Mythril, не предоставляют инструментов для наиболее полного и точного анализа кода смарт-контракта в целях

выявить в нём возможные уязвимости. Помимо этого, все представленные программные средства не используют самые актуальные данные во время проведения анализа. Следовательно, требуется разработка системы, способной с максимально высокой точностью и полнотой анализировать код, обучаясь на самых актуальных данных в области смарт-контрактов.

#### *Список литературы*

1. Использование нейросетей для анализа кода / [Электронный ресурс] // Deep-learning Based Solution for smart contract vulnerabilities detection: [сайт] — URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10654660/> (дата обращения: 20.03.2024).
2. Глоссарий блокчейн-терминов / [Электронный ресурс] // Glossary of blockchain: [сайт] — URL: <https://blockchaintrainingalliance.com/pages/glossary-of-blockchain-terms> (дата обращения: 20.03.2024).
3. Oyente / [Электронный ресурс] // [сайт] — URL: <https://github.com/enzymefinance/oyente> (дата обращения: 22.03.2024).
4. Mythril / [Электронный ресурс] // [сайт] — URL: <https://github.com/ConsenSys/mythril> (дата обращения: 22.03.2024).
5. MythX / [Электронный ресурс] // [сайт] — URL: <https://mythx.io/> (дата обращения: 25.03.2024).
6. Securify / [Электронный ресурс] // [сайт] — URL: <https://github.com/eth-sri/securify2> (дата обращения: 27.03.2024).
7. Slither / [Электронный ресурс] // [сайт] — URL: <https://github.com/crytic/slither> (дата обращения: 28.03.2024).

---

Герус П.А., Проценко Д.В.

#### **РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПИСЬМЕННОМУ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ**

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – старший преподаватель О.А. Крестникова

В современном мире сфера международных коммуникаций и деловых отношений постоянно расширяется. В этой связи знание английского языка становится неотъемлемым инструментом для успешного общения и ведения дел. Огромное количество общения и решения важных вопросов происходят через электронную почту, мессенджеры, и другие средства онлайн-коммуникаций. Таким образом освоение письменного английского языка в наше время является ключевым компонентом личного и профессионального успеха.

К основным навыкам письменной речи относятся: тезисное изложение, конспектирование, написание эссе, статей, докладов, ведение деловой и неделевой переписки по электронной почте, двусторонний письменный перевод. Существуют разнообразные формы письменных произведений, которые ученики могут освоить в ходе образовательного процесса. Всё это включает коммуникативная компетенция, которая направлена на применение английского языка в жизни [1].

Важно чтобы приложение не только проверяло текст на правописание и грамотность, но и было инструментом для обучения, то есть должны быть задания и их проверка. А также программное средство должно давать развернутую наглядную статистику пользователю по ошибкам, которые он совершил в различных аспектах языка и отображать прогресс; позволять выбирать вид письма

(открытка, эссе, электронное письмо и т. д.) и, соответственно, его стиль; иметь возможность кастомизации заданий, что позволит учесть уровень обучаемого, его возраст, и задачу, которая стоит перед ним, например, сдача экзамена по английскому языку.

Одними из популярных платформ для проверки грамматики, орфографии и стилистики текста на английском языке являются такие платформы как Grammarly [2], Linguix [4], Write&Improve [5], Hemingway [3], Ginger [6], LanguageTool [7]. Но только Write&Improve позиционируют себя как обучающая платформа.

Сравнительный анализ программных средств, представленный в таблице, показал, что нет системы, которая бы позволяла не просто упрощать написание лаконичных и грамотных текстов, а именно была направлена на обучение и тренировку письменной речи, а также имела подробную статистику и дополнительные инструменты для обучения.

Таблица

Сравнение платформ

Функции Платформы	Grammarly	Linguix	Write&Improv e	Hemingway	Ginger	LanguageTool
Проверка стилистики текста	-	+	+	+	-	-
Проверка орфографии текста	+	+	+	+	+	+
Проверка грамматики в тексте	+	+	+	+	+	+
Подробная статистика	+	+	-	-	-	-
Разбор и пояснение допущенных ошибок	-	-	-	-	-	-
Задания на тренировку письма	-	-	+	-	-	-
Возможность кастомизации заданий	-	-	+	-	-	-

Как видно из таблицы, существующие программные средства решают только часть проблем, возникающих перед пользователями. Таким образом, актуальной является разработка собственного программного средства, которое будет иметь все функции, обозначенные в сравнительной таблице.

#### Список литературы

1. Смирнова Е. В. Актуальные аспекты совершенствования иноязычной письменной речи при использовании средств информационных и коммуникационных технологий // Балтийский гуманитарный журнал. 2015. №4 (13). С. 102–105.
2. Grammarly [Электронный ресурс] – URL: <https://app.grammarly.com/>
3. Hemingway [Электронный ресурс] – URL: <https://hemingwayapp.com>
4. Linguix [Электронный ресурс] – URL: <https://linguix.com/>
5. Write&Improve [Электронный ресурс] – URL: <https://writeandimprove.com/>
6. Ginger [Электронный ресурс] – URL: <https://www.gingersoftware.com/grammarcheck>
7. LanguageTool [Электронный ресурс] – URL: <https://languagetool.org/>

---

Дьячек Е.Ю.

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ РАЦИОНА ПИТАНИЯ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – ассистент Симаков В.К.

В последнее время проблема питания очень актуальна для каждого человека. Бурное развитие пищевой индустрии приводит к засилью нездоровой еды, которая оказывает негативное воздействие на здоровье человека [1]. Сегодня люди потребляют избыточное количество продуктов с высоким содержанием калорий, жиров, быстрых углеводов и соли, и в то же время, критически мало фруктов, овощей и других видов клетчатки, таких как цельные злаки. Такое распределение приоритетов в питании связано, в первую очередь, с доступностью и легкой усвоемостью первых. Они не дают организму питательных веществ, а голод притупляют лишь на короткое время, что приводит к избыточному потреблению еды. Полноценное питание является одним из важнейших факторов, формирующих здоровье населения, поскольку оно обеспечивает хорошую работоспособность, стойкость к воздействию неблагоприятных факторов и нормальное протекание процессов роста и развития организма [2]. Также, всё больше и больше людей вынуждены вести менее подвижный образ жизни в связи с ежедневной работой за компьютером. А после тяжелого рабочего дня у человека не остается сил не то, что на выполнение каких-либо упражнений, но и банально на поиск этих упражнений.

Столь слабый интерес людей к своему питанию и к физической подготовке может привести ко многим серьезным заболеваниям, которые возможно предотвратить более осознанным отношением к себе. Таким образом, существует проблема неспособности современного человека уследить за базовыми потребностями своего организма.

Следовательно, чтобы разработать систему, решающую эту проблему, необходимо сначала разработать проект программной системы, главная цель которого – планирование рациона питания с учетом физической активности.

В процессе создания проекта программной системы были определены функциональные и нефункциональные требования, решающие следующие задачи:

1. Создание индивидуального расписания рациона питания под конкретные параметры и предпочтения человека;
2. Подбор плана занятий физической активностью, если она необходима человеку;
3. Составление списка покупок на предстоящие рецепты в индивидуальном рационе питания;
4. Максимальное использование всех продуктов питания в расписании, которые были куплены человеком по собственной инициативе или которые являются неиспользованными остатками, с учетом истечения их срока годности.

К текущему моменту был осуществлён обзор существующих решений, анализ предметной области и её модель, проект программной системы. В дальнейшем планируется также реализовать и протестировать прототип программной системы.

### *Список литературы*

1. Федосеева, М.В. Пищевые добавки и их влияние на организм человека [Электронный источник] – URL: [https://ptk.68edu.ru/pdf/uchebnie\\_proekt/proekt\\_2.pdf](https://ptk.68edu.ru/pdf/uchebnie_proekt/proekt_2.pdf).
2. Петрова Т.Н., Зуйкова А.А., Красносуцкая О.Н. Оценка фактического питания студентов медицинского вуза: проблемы и пути их решения // Вестник новых медицинских технологий. 2013. Т. 20. № 2.

Еремеев Д.С., Прокопец А.С., Кудряшова Д.Н., Татаренко И.Е., Чашемов М.

## СБОР И ОБРАБОТКА АСТРОНОМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Департамент информационных и компьютерных систем ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент Ю. А. Злобина

В настоящее время в сети Интернет размещены огромный объем различной информации. Технология получения нужной информации с сайта (краулеринг) и анализ контента (парсинг) называется веб-скрейпингом.

Целью данной работы является изучение звездных систем, определение их свойств.

Поиск баз данных с большим количеством звезд был сложен из-за ограниченного доступа к таким данным и их разрозненности по различным ресурсам. В качестве источника астрономических данных был выбран сайт Star-naming Database, содержащий информацию о 96 тыс. звезд. Для каждой звезды на отдельной странице сайта представлены следующие данные: имя звезды, ее порядковый номер, размер, расстояние до Земли, прямое восхождение, склонение. В данной работе используются три последних параметра. Для автоматизации сбора данных с 96 тыс. html-страниц использовали веб-скрейпинг. Предпочтительным языком программирования при этом является Python. Для решения поставленной задачи использовались:

- Selenium - фреймворк Python для парсинга данных с динамических страниц;
- BeautifulSoup - фреймворк Python для анализа статического html-кода;
- Pandas - библиотека Python, предназначенная для анализа данных и работы с Excel;
- Numpy - библиотека Python, предназначенная для работы с многомерными массивами;
- Matplotlib - библиотека Python, предназначенная для визуализации данных и др. [1].

В результате написания парсеров, время сбора информации было значительно сокращено. Фрагмент кода приведен на рисунке 1.

```
class SDS:  
    """The class is designed for web scraping and collecting star data"""  
  
    def __init__(self, quantityPages:int=9547) -> None:  
        self.__url_table = "https://star-register.eu/star-list/index/filterproduct/?p="  
        self.__url_star = "https://star-finder.starregistration.net/?q="  
        self.__numbers = array([ ])  
        self.__quantityPages = quantityPages  
        self.__stars=array([ ])  
  
    def pullInfoTable(self, data:str)->None:  
        """Selected data in the table on html code  
        Input data it's html code  
        """  
        soup=BeautifulSoup(  
            str(data), 'lxml',  
            multi_valued_attributes=None  
        )  
        dataStar=soup.find('div', class_='star-table')  
        dataStarTable=dataStar.find_all('td')  
        for td in dataStarTable:  
            class_=td['class']  
            if class_ == 'td3':  
                self.__numbers.append(td.text.strip())
```

Рисунок 1 – Реализация класса для парсера на Python

Полученные данные в дальнейшем обрабатывались методами фрактальной геометрии. Обобщенная формула для расчета бесконечного семейства фрактальных размерностей выглядит следующим образом:

$$D_q = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{1}{q-1} \frac{\ln \sum_k p_k^q}{\ln r}, \quad -\infty \leq q \leq \infty,$$

где  $r$  – линейный размер ячеек, на которые разделено пространство,  $p_k$  – относительная частота, вероятность, с которой частицы пылевидного фрактала попадают в  $k$ -ячейку [2].

При  $q = 0$  из формулы обобщенной размерности получаем формулу для нахождения размерности Хаусдорфа.

При  $q = 2$  в пределе получаем корреляционную размерность

$$D_2 = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\ln C(r)}{\ln r}$$

где  $C(r)$  – относительная доля точек, расстояние между которыми меньше заданного расстояния  $r$ , которая определяется как отношение числа точек, попарные расстояния между которыми меньше  $r$ , к квадрату общего числа точек.

При  $q \rightarrow 1$  получаем формулу для информационной размерности

$$D_1 = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{-\sum_k p_k \ln p_k}{\ln 1/r},$$

так как в числителе находится энтропия Шеннона. И данная размерность позволяет определить потерю информации в ходе динамической эволюции хаотических систем.

На основе полученной звездной системы был построен граф, ребра которого задаются матрицей расстояний [3]. Используя данную матрицу, рассчитали корреляционную размерность  $D_2$ , значение которой монотонно возрастает:  $D_2 = 1$  для близких звезд и  $D_2 = 1,5$  для далеких звезд (красная линия на графике, рис.2).



Рисунок 2 – Корреляционная размерность звездного множества

Далее преобразовали формулу корреляционной размерности, выразив ее через соотношение ближайших соседей. В этом случае график корреляционной размерности  $D_2^*$  (синяя линия) имеет осцилляторный характер и на расстояниях, превышающих 375 св.лет, начинает экспоненциально убывать, а до этого момента среднее значение размерности составляет  $D_2^* \approx 2,26$ .

Таким образом, полученные значения корреляционных размерностей значительно отличаются от топологической размерности ( $D_{\text{топол}} = 3$  для трехмерного пространства), что позволяет сделать вывод о том, что галактика развивается по особым фрактальным законам, отличным от случайных процессов.

#### Список литературы

1. Райан Митчелл. Скрэпинг веб-сайтов с помощью Python. Издат.: ДМК Пресс, 2016. 272с.

2. Шредер М. Фракталы, хаос, степенные законы: миниатюры из бесконечного рая / Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2001. – 527 с.

3. Ю. А. Карыгина, Фрактальная кристаллография квазикристаллических структур в древеснографовом представлении на группах подобия, Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук:01.04.07, ДВГУ, Владивосток, 2002.

---

Ермак В.М., Лазарев А.Е., Лебединский И.В., Пасько У.Н.

## **ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ ОБУЧАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ В ЗАДАЧАХ СТАТИКИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ**

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научные руководители - к.ф.-м.н., доцент А.А. Лаптева, к.ф.-м.н., доцент Ю.Е. Иванова

Возможности имитационного моделирования [1] достаточно широки и варьируются в зависимости от применяемых методов и инструментов, что делает его пригодным для применения в различных сферах [2], таких как промышленность, транспорт, экономика, экология, информационная безопасность, здравоохранение, производство, логистика и др.

В нашей работе мы предлагаем применить методы имитационного моделирования в образовании. Одними из основных составляющих учебного процесса являются учебные задания. Они играют важную роль в образовательном процессе, так как они помогают проверить знания и навыки учащихся и мотивируют их интерес к предмету. Однако создание таких заданий вручную требует значительных временных и финансовых затрат со стороны преподавателей, так как задания должны быть разнообразными, актуальными и соответствовать уровню обучающихся и стандартам образования. Проверка преподавателем выполненных заданий тоже является высоко трудозатратным процессом. В свете этого возникла потребность в разработке программных инструментов, способных автоматизировать создание и проверку учебных заданий на основе разнообразных данных. Использование такого генератора учебных заданий в учебной практике значительно упростит формирование наборов заданий с различными вариантами для преподавателей. Это также позитивно скажется на процессе обучения, поскольку каждый студент получит индивидуальный вариант задания, что исключает возможность простого списывания у других студентов. Таким программным средством может стать система имитационного моделирования. Мы предлагаем изучить возможности ее использования в образовании на примере моделирования решения задач статики теоретической механики.

Цель нашей работы заключалась в изучении предметной области теоретической механики и имитационного моделирования; в поиске и анализе существующих программных продуктов, применяемых в данной области, с акцентом на их функциональные возможности, эффективность и применимость к решению задач статики; в оценке соответствия программных решений требованиям пользователей по определенным критериям.

В настоящее время наиболее распространёнными и всесторонне используемыми средствами для решения задач статики теоретической механики являются следующие онлайн-ресурсы: «Расчёт статистически определимых рам и балок» [3], «Балка-онлайн» [4], «Расчёт балки онлайн на прочность при изгибе и построение эпюр онлайн с подробным решением» [5], Free Online Beam Calculator [6]. В таблице приведено сравнение этих ресурсов по некоторым выбранным критериям.

Таблица

Сравнение существующих программных средств

Наименование Критерий	Расчёт статически определимых рам и балок	Балка-онлайн	Расчет балки онлайн на прочность при изгибе и построение эпюр онлайн с подробным решением	Free Online Beam Calculator
Возможность добавить задачи	Нет	Нет	Нет	Нет
Печать	Да	Нет	Да	Нет
Доступ к интернету	Необходим	Необходим	Необходим	Необходим
Конструктор (возможность перетаскивать объекты)	Да	Нет	Нет	Нет
Русский язык	Да	Да	Да	Нет
Цена	Платно	Бесплатно	Бесплатно	Платно

Проведенный анализ программных решений, показывает, что, несмотря на значительный функционал и универсальность рассмотренных систем, ни одна из них не способна полностью удовлетворить все потребности пользователей. Поэтому появляется необходимость в создание нового программного средства, которое позволит работать без доступа в интернет и даст возможность создавать новые учебные задания, используя заложенные в программный продукт шаблоны. В продолжение представленной работы мы предлагаем разработать систему имитационного моделирования – специализированное приложение, предназначенное для решения задач статики и соответствующее заявленным требованиям.

*Список литературы*

1. Кельтон, В. Имитационное моделирование. Классика CS / В. Кельтон, А. Лоу; 3-е изд. пер. с англ. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004. – 847 с.
2. Proceedings of the 2023 15th International Conference on Computer Modeling and Simulation. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA. – 2023.
3. Расчёт статически определимых рам и балок (определение реакций и построение эпюр) [Электронный источник] – URL: <https://sopromat.site/epure.php>
4. Балка-онлайн [Электронный ресурс] – URL: <http://sopromatu.net/beam/>
5. Расчет балки онлайн на прочность при изгибе и построение эпюр онлайн с подробным решением [Электронный ресурс] – URL: <https://sopromatguru.ru/beam/>
6. Free Online Beam Calculator [Электронный ресурс] – URL: <https://skyciv.com/free-beam-calculator/>

---

Зеленин К.В.

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ АНАЛИЗА ВНЕШНЕПОЛИТИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель - ассистент ДПИИИ Чусова А.Е.

Политика занимает одно из главных мест в функционирование любого государства, задачей же политолога является анализ текущих и будущих действий государств, анализирует их взаимодействия между собой, и прогнозируют будущее политические события и развития международных отношений. Для таких исследований политологи использует в том числе и внешнеполитические документы, а также выступления представителей государств. Но зачастую такие документы и выступления представляют собой достаточно большие объёмы текста, и анализ их традиционным способом простого прочтения конкретным исследователем, может быть не только долгим и трудоёмким, но и в том числе не совсем объективным, так как каждый политолог будет обращать внимания на одни вещи, а другие не заметить.

Для того, чтобы решить эту проблему, можно использовать методы программного анализа текста, это поможет как ускорить работу с текстами, так и производить анализ текста более объективно, опираясь только на содержание самого текста, нежели на мировоззрение и опыт конкретного исследователя. Но при анализе политических текстов, необходимо анализировать не только количество определённых слов и их процентное соотношение со всем текстом, нужно также смотреть на эмоциональный окрас и контекст каждого конкретного слова, на сколько негативно или позитивно говориться о конкретном событии, человеке, государстве. Для такого типа анализа, совмещающего в себе как количественные, так и качественные параметры, можно использовать два типа лингвистического анализа: тематический анализ и сентимент анализ.

Тематический анализ — это метод определения смысловых паттернов в полученных данных и их описания в контексте исследовательских задач. Тема является лаконичным обозначением значимой информации и выражается в языковых понятиях, фиксирующих основное содержание текста [1]. Этот метод позволит определить качественные характеристики слов в контексте документа, их общее количество, а также процентное отношение к общему числу слов.

Сентимент-анализ — это процесс по анализу эмоциональной тональности фрагментов текста или речи [2]. Похожим методом является анализ тональности текста. Анализ тональности текстов — один из методов обработки текстов на естественном языке, позволяющий анализировать мнения пользователей по тем или иным вопросам [3]. Данные методы позволяют определить качественные характеристики текста и его фрагментов, эмоциональный контекст слов, и документа в целом, отношение автора к определённой теме.

Проанализировав доступные программные средства для анализа текстов, можно прийти к выводу, что на сегодняшний день ни одно из них не может решить все описанные проблемы при помощи вышеописанных решений. Поэтому разработка программного средства, объединяющего в себе методы тематического и сентимент-анализа, для обработки внешнеполитических документов и выступлений актуальна.

### *Список литературы*

1. Хорошилов Д. А., Мельникова О. Т. Метод тематического анализа в изучении представлений о женском лидерстве // Организационная психология. 2020. №3. — URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/metod-tematicheskogo-analiza-v-izuchenii-predstavleniy-o-zhenskom-liderstve> (дата обращения: 24.03.2024).

2. Семенова М. О. Подходы к сентимент-анализу // Вестник Московского государственного лингвистического университета. Гуманитарные науки. 2022. №12 (867). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podhody-k-sentiment-analizu> (дата обращения: 24.03.2024).

3. Анализ тональности текстов / Л. И. Прудникова, И. Л. Артемьева, В. Р. Говоров, С. Б. Рева // Science and technology innovations : Сборник статей VII Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 24 марта 2022 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2022. – С. 75-83. – EDN AGWGF.

---

Зенков М.А.

## **СУЩЕСТВУЮЩИЕ ИНТЕРАКТИВНЫЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ РУССКОМУ ЯЗЫКУ КАК ИНОСТРАННОМУ**

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель - д.т.н., профессор И.Л. Артемьева

В Дальневосточный Федеральный Университет поступает достаточно много иностранных студентов, около 13% от всего числа студентов [1]. Поэтому возникает необходимость преподавания русского языка как иностранного.

Основной целью изучения русского языка как иностранного является не только получение общеучебных навыков, но и знакомство с историей и культурой страны. Приоритетной задачей является взаимосвязанное изучение устной и письменной речи. Поставленные цели достигаются при помощи использования таких методов, как: работа с текстами и литературными произведениями, выполнение различных упражнений, проведение бесед и использование принципа наглядности [2].

Для обучения русскому языку как иностранному применяются различные решения, такие как: печатные и электронные пособия, системы для прохождения курсов и другое.

Наилучший уровень взаимодействия студентов друг с другом и с преподавателем достигается на очных занятиях или при использовании специализированных систем, таких как Microsoft Teams. Также стоит отметить, что некоторые из принципов наглядности (например, звуковая и звукоизобразительная) невозможно достичь при помощи печатных или электронных пособий.

На данный момент активно развиваются и интегрируются в процесс образования информационно-коммуникационные технологии. Наиболее популярными на сегодняшний день являются дистанционные образовательные технологии. Они могут использоваться для решения проблем наглядности и взаимодействия студентов и преподавателей дистанционно. Некоторые системы также позволяют интегрировать игровые элементы в процесс обучения.

В процессе обзора литературы были рассмотрены некоторые электронные образовательные системы, пригодные для изучения русского языка, а именно:

1. Stepik;
2. ProgressMe;
3. Duolingo.

Для сравнения решений было выделено несколько критериев. По результатам сравнения был сделан вывод, что каждое из решений обладает рядом преимуществ и недостатков.

Stepik предоставляет возможность создания курсов по различным тематикам, добавления автоматической проверки для многих из заданий, загрузку медиафайлов в курс, добавление субтитров для видео и другое [3]. Однако платформа предназначена больше для создания курсов по программированию. При создании курса по русскому языку могут возникнуть некоторые проблемы.

Платформа ProgressMe предлагает больше возможностей для создания заданий, направленных на изучения языков, предоставляет больше возможностей взаимодействия студентов и преподавателей и обладает структурой, близкой к печатным пособиям [4]. Но в то же время имеются некоторые ограничения по сравнению со Stepik.

Duolingo обладает довольно большим количеством игровых элементов, а также предоставляет автоматическую проверку для каждого типа заданий и использует технологии искусственного интеллекта для подбора индивидуальных заданий [5]. Однако структура системы не подходит для использования в университете, и в основном предлагает только практические задания.

По результатам обзора было выявлено, что ни одно из рассмотренных решений не удовлетворяет каждому из выделенных критериев. Поэтому актуальна разработка инструментальной системы для создания интерактивных пособий по русскому языку как иностранному.

#### *Список литературы*

1. Официальный сайт Дальневосточного федерального университета [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dvfu.ru/about-the-university-story/> (дата обращения: 28.03.2024).
2. Лысакова И.П. (ред.) Русский язык как иностранный. Методика обучения русскому языку.: учеб. пособие для высш. учеб. заведений / [Г.М. Васильева и др.]; под ред. И.П. Лысаковой. — М.: Гуманитар. изд. Центр ВЛАДОС, 2004. — 270 с.
3. Справочный центр Stepik. Практические задания [Электронный ресурс]. URL: <https://help.stepik.org/article/54796> (дата обращения: 28.03.2024).
4. ProgressMe. Работа с упражнениями [Электронный ресурс]. URL: <https://help.progressme.ru/article/1233> (дата обращения: 28.03.2024).
5. Helderman, Ari Duolingo Russian Review: It's Free But Does It Work? [Электронный ресурс] / Ari Helderman // learntherussianlanguage.com: Learn the Russian Language. 2017. URL: <https://learntherussianlanguage.com/duolingo-russian-review/> (дата обращения: 28.03.2024).

---

Ильинская В.А.

### **АНАЛИЗ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ КРОССПЛАТФОРМЕННЫХ МЕССЕНДЖЕРОВ**

Кафедра математической кибернетики и информационных технологий МТУСИ

Научный руководитель - к.т.н., доцент Т.Д. Фатхулин

Мессенджеры (от английского глагола «to message», который означает «сообщать посредством сообщений») - программы или приложения, которые позволяют пользователям производить обмен сообщениями в режиме реального времени. Мессенджеры предоставляют возможность быстрого и удобного общения с одним или несколькими пользователями.

#### **Актуальность мессенджеров и их функционал**

В современных мессенджерах, помимо простого обмена текстовыми сообщениями, есть много и других полезных функций. Можно сказать, что основные функции большинства современных мессенджеров включают в себя:

1. отправку текстовых сообщений, позволяющую удобно, а самое главное быстро передавать информацию на большие расстояния;
2. отправку файлов различных типов, включая фотографии, аудиозаписи, видеозаписи, и даже документы некоторых форматов, что открывает возможность более интересного и эффективного общения между пользователями;
3. создание групповых чатов, дающих возможность осуществлять общение между несколькими людьми одновременно, что также является удобным при планировании событий и обсуждении различных проектов;
4. осуществление голосовых и видеозвонков, что удобно в том случае, когда пользователи слишком заняты для набора текстовых сообщений, а также если их общение происходит на расстоянии, при котором они не имеют возможности встретиться лично;
5. шифрование и защита данных, что обеспечивает безопасность общения, а также конфиденциальность [1].

Мессенджеры играют ключевую роль в осуществлении современной коммуникации, ведь они позволяют пользователям быстро и удобно обмениваться сообщениями, совершать звонки, а также передавать файлы. Таким образом приложения для обмена сообщений стали неотъемлемой частью нашей жизни, ведь они повсеместно используются для рабочих коммуникаций, личных бесед между людьми и даже для общения в социальных сетях. Именно благодаря своей функциональности и доступности создание мессенджеров повлекло за собой огромное изменение того, как люди взаимодействуют и общаются друг с другом, ведь они сделали коммуникацию более удобной и эффективной [2].

### **Кроссплатформенные приложения и их возможности**

Существует такое понятие, как кроссплатформенность - способность приложения полноценно работать на различных устройствах вне зависимости от типа операционной системы. Наличие кроссплатформенности улучшает качество кода программного обеспечения, а также уменьшает вероятность возникновения ошибок [3].

Сама кроссплатформенность является одной из ключевых тенденций развития современных мобильных технологий, поскольку она упрощает процесс обновления и поддержки приложений, а также уменьшает затраты на разработку мобильных приложений [4].

### **Кроссплатформенные мессенджеры и их области использования**

В современном мире кроссплатформенные приложения для обмена сообщениями, или же мессенджеры, используются в самых различных сферах жизни. Можно перечислить следующие области их применения.

- *Бизнес-коммуникация*. Мессенджеры предоставляют различным компаниям возможность осуществлять взаимодействие со своими сотрудниками и клиентами. Так они могут быть использованы для предоставления информации, отправки уведомлений, а также сбора обратной связи.

- *Поддержка клиентов*. Мессенджеры могут быть использованы, как способ клиентов связаться с компаниями, что позволяет обеспечить быстрый, а самое главное эффективный способ решения возникающих у клиента проблем.

- *Образовательные платформы*. Мессенджеры могут быть внедрены в учебные платформы для осуществления связи между студентами/учениками и преподавателями. Так они могут быть использованы для обмена учебным материалом, а также обсуждения заданий и вопросов, возникающих у студентов в процессе обучения.

- *Личные чаты, групповые чаты.* Мессенджеры могут быть использованы для осуществления мгновенного обмена сообщениями между двумя или несколькими пользователями, ведущими личную переписку;

- *Маркетинг и реклама.* Мессенджеры могут быть использованы компаниями для осуществления рекламы продуктов и услуг. Они могут отправлять своим и потенциальным клиентам информацию об акциях, скидках и различных новостях компании.

### **Выводы**

Таким образом, проведенный анализ показывает, что кроссплатформенные приложения для обмена сообщениями имеют широкий спрос на рынке, поэтому разработка новых программных решений по сей день актуальна и востребована.

### *Список литературы*

1. Что такое мессенджеры и что входит в их функционал [Электронный ресурс]: // Основные функции мессенджеров - URL: <https://uchet-jkh.ru/i/cto-takoe-messendzery-i-cto-vxodit-v-ix-funkcional>, свободный. — Загл. с экрана. (дата обращения 18.12.2023).
2. Мессенджеры: функции и назначение [Электронный ресурс]: // Роли мессенджера в современном мире - URL: <https://uchet-jkh.ru/i/messendzery-funkcii-i-naznacenie>, свободный. — Загл. с экрана. (дата обращения 18.12.2023).
3. Что такое кроссплатформенность [Электронный ресурс]: // Определение кроссплатформенности - URL: <https://www.uiscom.ru/blog/krossplatformennost>, свободный. - Загл. с экрана. (дата обращения 18.12.2023).
4. Кроссплатформенность превосходит другие решения [Электронный ресурс]: // Преимущества кроссплатформенности - URL: <https://uchet-jkh.ru/i/krossplatformennost-prevosxodit-drugie-reseniya>, свободный. — Загл. с экрана. (дата обращения 18.12.2023).

---

Каменщиков С.В., Литвинова П.В., Манжос А.И.

## **РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ВЕБ-СЕРВИСА ДЛЯ ИНФОРМИРОВАНИЯ О НАУЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЯХ**

Департамент информационных и компьютерных систем ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – доцент Л.В. Красюк

В эпоху научного-технического прогресса от современного студента требуется активное участие в научных мероприятиях для повышения качества образования и профессиональной подготовки. Однако, несмотря на интерес студентов к участию в научных событиях, они часто сталкиваются с трудностями в поиске структурированной и оперативной информации о предстоящих мероприятиях.

Для исследования доступности информации о научных мероприятиях был проведён опрос среди потенциальных участников таких мероприятий - студентов и преподавателей. В ходе исследования были получены данные от 80 студентов и 20 преподавателей из таких ВУЗов, как «Дальневосточный федеральный университет», «Сибирский федеральный университет», «Новосибирский государственный университет», «Иркутский национальный исследовательский технический университет», «Казанский федеральный университет», «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

В результате опроса было выявлено, что 50% респондентов считают поиск информации о научных мероприятиях затруднительным и лишь 39% не сталкиваются с трудностями (см. рисунок 1).

Как Вы оцениваете простоту поиска информации о научных мероприятиях?  
100 ответов

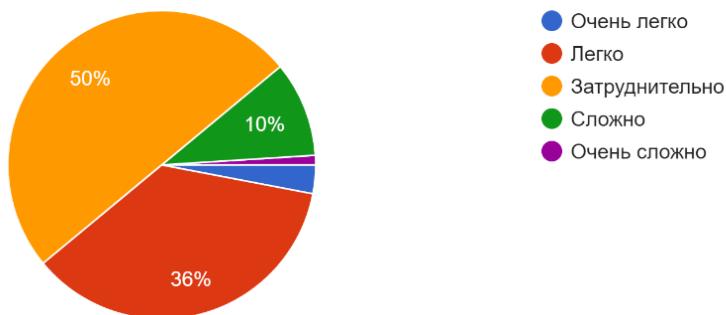


Рисунок 1 – Оценка простоты поиска информации о научных мероприятиях

Большинство респондентов (51%) указало на неудобство представление получаемой информации, при этом 47% считают, что информации слишком много и она трудно воспринимается.

В этом контексте создание веб-сервиса, который не только предоставляет информацию, но и структурирует её, обеспечивает оперативный доступ и упрощает выбор мероприятий, становится крайне актуальным. Разработка такой системы решит проблему неорганизованности данных, предоставляя удобный и интуитивно понятный инструмент для поиска и фильтрации информации о научных мероприятиях [1].

Целью разработки информационной системы (далее ИС) является ускорение и облегчение процесса поиска информации о научных мероприятиях, что приведет к увеличению количества студентов, посещающих научные мероприятия.

Разрабатываемая ИС будет обеспечивать сбор и предоставление информации о предстоящих научных мероприятиях, а также предоставлять возможность удобного поиска и фильтрации данных. Система будет загружать информацию из различных источников, таких как университетский сайт, корпоративная почта, социальные сети и сайты научных организаций. Данные будут включать в себя категорию мероприятия, дату проведения, место проведения, описание мероприятия, ссылку на регистрацию для участников. В результате анализа деятельности по информированию о научных мероприятиях создана диаграмма системных прецедентов, представленная на рисунке 2 [2].

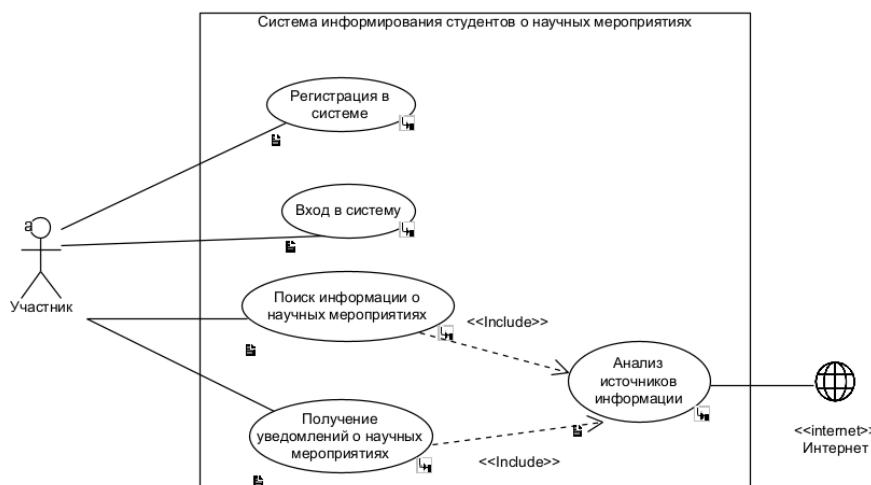


Рисунок 2 – Диаграмма системных прецедентов

На основе модели системных прецедентов выделены основные концепции предметной области и создана диаграмма ключевых абстракций, представленная на рисунке 3.

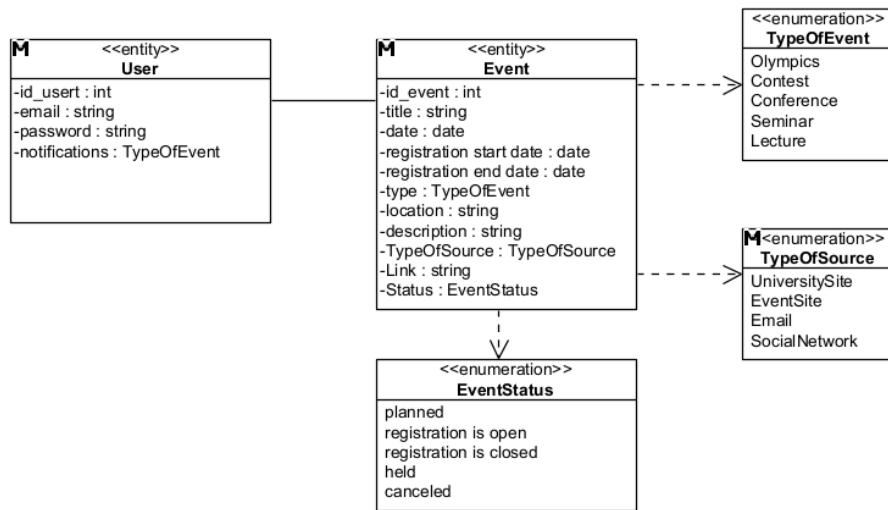


Рисунок 3 – Диаграмма ключевых абстракций

В качестве средств реализации выбраны: язык гипертекстовой разметки HTML, язык каскадных стилей CSS, языки программирования Python и Java Script.

#### Список литературы

1. Сомов А.В. Управление проектами разработки программного обеспечения: учебник для вузов / А.В. Сомов. – Москва : Издательский центр "Академия", 2019. – 352 с.
2. Кватрани, Т. Rational Rose 2000 и UML. Визуальное моделирование / Т. Кватрани. — Москва : ДМК Пресс, 2009. — 176 с. — ISBN 5-94074-131-2. — Текст : электронный // Лань: ЭБС. — URL: <https://e.lanbook.com/book/1237> (дата обращения: 10.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

---

Корогод Д.А., Федоров А.М.

### ВЫБОР ПОДХОДА К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРИЯ ИГР»

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ  
Научный руководитель – ассистент А.А. Бураков

Понятие «интерфейс» используется повсеместно, начиная от различных веб-сервисов, заканчивая оборудованием, используемым людьми каждый день. Командой программистов ДПИИИ ИМиКТ ДВФУ ведётся разработка обучающей системы по дисциплине «Теория игр», предполагающая наличие графического пользовательского интерфейса. Анализ предметной области показал, что целевой аудиторией являются студенты, желающие изучить дисциплину «Теория игр» или повторить материал. Ни одна из рассмотренных обучающих систем не удовлетворяет выявленным требованиям в полной мере, поэтому было принято решение о разработке новой обучающей системы. Одной из проблем реализации является разработка эстетичного и удобного для использования интерфейса.

Интерфейс должен не только визуально привлекать пользователя, но и быть удобным для него, чтобы у пользователя было желание пользоваться продуктом на постоянной основе. Из этой необходимости разработки эстетичного и удобного интерфейса появились такие понятия, как UX и UI.

UX – это восприятие и ответные действия пользователя, возникающие в результате использования и/или предстоящего использования продукции, системы или услуги. UI представляет собой все компоненты интерактивной системы (программного обеспечения или аппаратного обеспечения), которые предоставляют пользователю информацию и являются инструментами управления для выполнения определенных задач [1].

Разработка интерфейсов состоит из этапов проектирования и реализации. Проектирование является включает в себя несколько этапов: получение задачи, исследование и анализ, прототипирование, визуальный дизайн, проверка решения [2]. Существует множество методик проектирования интерфейсов, выбор которой может быть проблематичным.

Целью работы является разработка инструкции по выбору подходящего подхода и методики к проектированию интерфейса для конкретной задачи и создание проекта интерфейса для обучающей системы по дисциплине «Теория игр» в соответствии с выбранной методикой.

Основными подходами к проектированию являются инженерно-технический и когнитивный [3]. На их основе были разработаны различные методики, такие как: UCD — дизайн, ориентированный на пользователя (англ. user-centered design), ACD — дизайн, ориентированный на деятельность (англ. activity-centered design,), GOD — дизайн, ориентированный на цель (англ. goal-oriented design), DDD — дизайн, основанный на данных (англ. data-driven design), DT — дизайн-мышление (англ. design-thinking). Неверный выбор подхода и методики влечёт за собой неудобства и ошибки в процессе работы над проектом и его сопровождении, из-за чего увеличивается время и стоимость разработки.

Был проведён сравнительный анализ вышеперечисленных методик, результатом которого выступает сравнительная таблица основных характеристик методик проектирования интерфейса (таблица).

Таблица

Сравнительная таблица основных характеристик методик проектирования интерфейса

	UCD	ACD	GOD	DDD	DT
Подход	Когнитивный	Инженерно-технический	Когнитивный	Инженерно-технический	Когнитивный
Основной фокус	Потребности пользователей	Действия, совершаемые для решения задачи	Тщательное изучение целей пользователя позволяет решить проблему «когнитивного трения»	Данные, полученные в результате аналитических исследований	Потребности пользователей
Достиоинства	Пользователь чувствует свой вклад в продукт, получает готовое решение,	Высокая скорость проектирования, люди хорошо адаптируются под технологии	Большое внимание уделяется бизнес-целям, конечная цель – получить одобрение пользователей	Уничтожение споров между дизайнером и клиентом за счет объективности оценки [4]	Пользователь получает необходимый для него продукт, также учитываются бизнес-цели

	простота реализации				
Недостатки	Тратит большое количество времени, сил, тяжело найти решение, подходящее всем пользователям	Необходима адаптация пользователя к продукту	Фокус разработчиков на целостный проект, нежели на разбиение его на небольшие части, что может оказаться на сложности для разработки	Лишь по одним данным невозможно найти решение проблемы, необходимы дополнительные сотрудники на сбор и анализ данных [4]	Затраты большого количества времени, сил, тяжело найти решение, подходящее всем пользователям

Анализ методик показал, что UCD и DT во многом схожи, однако у них есть принципиальное различие. Обе методики помогают найти решения для потребностей пользователей, но UCD фокусируется на поощрении глубокой эмпатии к пользователям, для которых создаётся программное средство, и создании решений, основанных на потребностях, в то время как DT, помимо принципов методики UCD, учитывает технологическую осуществимость и достижение бизнес-цели [5].

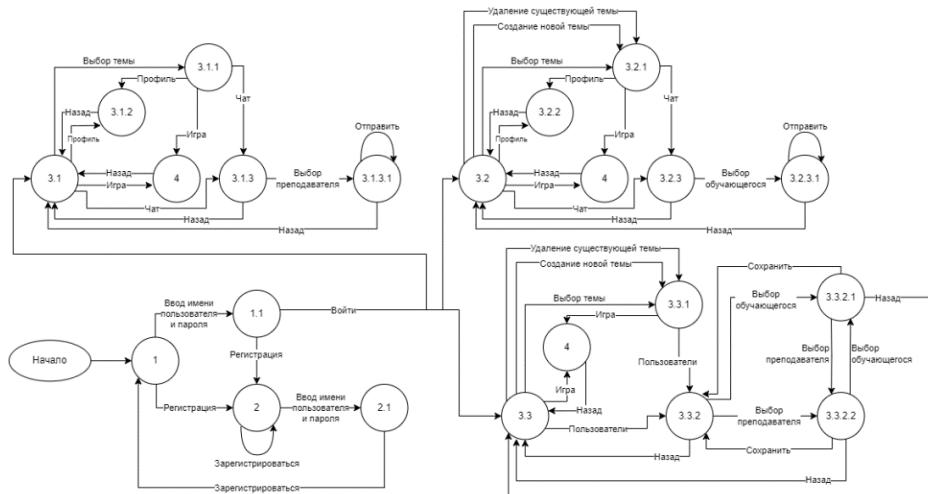
При выборе методики можно руководствоваться следующей инструкцией:

1. одной из самых популярных и простых методик является UCD, он крайне универсален, при нежелании разбираться в других методиках стоит выбрать именно его;
2. при реализации программного средства, не имеющего аналогов и конкурентов, а также при неимении времени на UCD – стоит выбрать ACD;
3. если интерфейс необходим для удовлетворения потребностей заказчика, а не пользователя, то хорошим выбором будет GOD;
4. для исключения будущих споров по поводу дизайна между заказчиком и дизайнером лучше всего использовать DDD;
5. если на первом месте стоит учет бизнес-целей и технологическая осуществимость выявленных потребностей пользователей, то стоит выбрать DT.

Для проектирования интерфейса разрабатываемой системы по дисциплине «Теория игр» выбор пал на методику UCD, в рамках которого был разработан проект интерфейса.

В ходе разработки проекта интерфейса был разработан граф сценария диалогов для разрабатываемой системы (рисунок 1). Для каждого состояния страниц в приведенном графе сопоставлен номер. Некоторые из них (3.1.1 – рабочая область обучающегося, 3.2.1 – рабочая область преподавателя, 3.3.2.1 – управление пользователями администратором, 3.1.3.1 – мессенджер) представлены ниже на рисунке 2.

В настоящее время разработка обучающей системы продолжается и находится на этапе реализации.



Костюченко А. И.

## РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЖЕСТОВОГО УПРАВЛЕНИЯ В МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ С ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТЬЮ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – ассистент Самойлов В. В.

Современные технологии, включая дополненную реальность, становятся более доступными и компактными. Ранее требовалось дорогостоящее оборудование для взаимодействия с AR, теперь эту функциональность можно использовать на смартфонах.

Но несмотря на то, что аппаратные ограничения больше не являются сложностью для реализации, жестовое управление все еще редко применяется. Применение данного подхода к взаимодействию с объектами дополненной реальности могло бы сильно улучшить опыт от использования приложений, добавить простоты к взаимодействию, а также новые возможности для применения приложений с дополненной реальностью.

Существует немалое количество программных средств, предоставляющих возможность использовать или внедрять в свое ПО дополненную реальность с возможностью управлять ей путем жестов [1-5], однако, нет ни одной доступной системы, позволяющей просто реализовать дополненную реальность с отслеживанием рук.

В анализе существующих решений участвовали пакеты решений или программ, совмещающие в себе технологии компьютерного зрения и дополненной реальности.

На основе изученных данных были выделены критерии сравнения программных средств и проведён анализ по этим критериям, результаты которого представлены в таблице.

Таблица

Сравнение программных средств

Критерии \ Решение	ManoMotion	8th Wall	Banuba	Augmenta	ARKit 6
Точность отслеживания движения рук и пальцев	+	+	+	-	+
Доступная документация	-	+	+	+	-
Отсутствие необходимости подключения к интернету	-	-	+	+	+
Бесплатный доступ	-	-	-	-	+
Платформы	IOS/Android /Windows	Web	IOS/Androi d	IOS/Androi d/Windows	IOS

Рассмотренные решения так или иначе являются либо исключительно коммерческими, либо очень узконаправленными, с ограничениями в виде малого количества и закрытости поддерживаемых платформ или небольшого набора инструментария. В связи с чем они уступают разрабатываемому проекту в доступности и возможностям функционала.

Для отслеживания рук существует множество алгоритмов, основанных на разных принципах, наиболее распространенные:

- **Отслеживание рук, основанное на выделении цвета кожи:** Метод заключается в том, чтобы с помощью цвета кожи понять положение руки на изображении [6].

- **Отслеживания рук с помощью черной перчатки:** В этом алгоритме на ладони имеется цветная перчатка [7].
- **Скелетное распознавание действий:** Скелетное распознавание действий – это задача компьютерного зрения, которая включает в себя распознавание действий человека на основе последовательности трехмерных данных о суставах скелета, полученных с устройств. Сегментация рук с использованием такого подхода заключается в последующем распознаванием кончиков пальцев, суставов пальцев и всей ладони с использованием трехмерных соединений, для последующего построения 3D модели руки, основываясь на полученных данных о скелете [8].

При построении дополненной реальности используются два различных подхода:

- **Построение дополненной реальности, основываясь на маркерах:** Дополненная реальность на основе маркеров работает путем сканирования маркера, который вызывает появление на устройстве объекта дополненной реальности [9].

- **Построение дополненной реальности без использования маркеров:** Безмаркерная дополненная реальность сканирует реальную среду и размещает цифровые элементы на распознаваемом объекте, например на плоской поверхности [10].

Рассмотренные алгоритмы обеспечат достаточный уровень функциональности и эффективности, чтобы успешно реализовать задуманное программное средство, совмещающее в себе методы распознавания жестов и дополненной реальности.

#### *Список литературы*

1. Набор средств разработки Mano Motion Mobile AR[Электронный ресурс] // URL: <https://www.manomotion.com/mobile-ar/>
2. Набор средств разработки 8<sup>th</sup> Wall WebAR [Электронный ресурс] // URL: <https://www.8thwall.com/blog/post/126815603359/wave-hello-to-hand-tracking>
3. Набор средств разработки Banuba [Электронный ресурс] // URL: <https://www.banuba.com/technology/hand-tracking-and-gesture-recognition>
4. Набор средств разработки Augumenta [Электронный ресурс] // URL: <https://www.augumenta.com/products/sdk/>
5. Набор средств разработки Apple ARKit [Электронный ресурс] // URL: <https://developer.apple.com/augmented-reality/arkit/>
6. Ambika. L. A, H. Chidananda. A Comparative Analysis of Hand Tracking Algorithms for Gesture Recognition, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 3 Issue 5, May – 2014
7. Dharani Mazumdar, Anjan Kumar Talukdar, Kandarpa Kumar Sarma, “Gloved and Free Hand Tracking based Hand Gesture Recognition”, ICETACS 2013.
8. Munir Oudah, Ali Al-Naji, Javaan Chahl. Hand Gesture Recognition Based on Computer Vision: A Review of Techniques, Journal Imaging. 2020 Aug; 6(8): 73.
9. Статья о типах дополненной реальности [Электронный ресурс] // URL: <https://digitalpromise.org/initiative/360-story-lab/360-production-guide/investigate/augmented-reality/getting-started-with-ar/types-of-ar/>
10. Статья о сравнении подходов, используемых в дополненной реальности[Электронный ресурс] // URL: <https://www.aircards.co/blog/markerless-vs-marker-based-ar-with-examples>

Кочетков А.Е.

## РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ПРОБЛЕМЫ В ДВФУ. РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОИСКА ПОПУТЧИКОВ С ПРОГНОЗИРОВАНИЕМ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОТЛОЖЕННОЙ ПОЕЗДКИ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМИКТ ДВФУ

Научный руководитель – ст. преподаватель О.А. Крестникова

В настоящее время транспортная мобильность граждан во многих городах имеет ряд проблем, которые не исправляются годами. Люди вынуждены стоять в переполненных автобусах, в среднем, по два часа в день. Не исключён шанс приезда переполненного автобуса, из-за чего придётся будет ждать следующий.

Такая проблема особенно актуальна в ДВФУ. Студенты на протяжении всего дня испытывают трудности с перемещением с материка на кампус и обратно.

Существуют сервисы заказа такси. Однако современное ценообразование заставит отдавать за поездку на туда и обратно около 1.000 рублей, что является большой тратой для многих людей. Таковыми, например, являются студенты. В сервисах отсутствует льготная система для малообеспеченных людей.

Стоит отметить, что ни у одного сервиса не существует возможности предоставить информацию о длительности отложенной поездки. Необходим сервис, который будет прогнозировать время поездки с учётом возможных пробок.

Тема выбранной работы актуальна, поскольку на данный момент отсутствуют решения в данной области. Люди вынуждены передвигаться на автобусах без альтернатив.

На данный момент существуют следующие сервисы для заказа такси и поиска попутчиков

- Yandex
- Maxim
- Indrive
- Попутчики ДВФУ

В таблице ниже представлено сравнение нескольких программных средств для проведения аудита кода смарт-контракта на основе нескольких ключевых критериев, которые используются для оценки качества работы алгоритмов в задачах машинного обучения.

Таблица

Сравнение программных средств

	Yandex	Maxim	InDrive	Попутчики ДВФУ	Попутчики Иркутск
Выбор цены перед поездкой	+	+	+/-	+/-	+/-
Наличие рейтинга водителей	+	+	+	-	-
Назначение скидки в зависимости от статуса пользователя	-	-	-	-	-
Наличие технической поддержки	+	+	+	-	-
Удобный интерфейс	+	+	+	-	-

Наличие накопительной системы скидок	+	-	-	-	-
Прогнозирование длительности отложенной поездки	-	-	-	-	-

На основе приведённой таблицы видим, что рассмотренные онлайн сервисы, не предоставляют возможность узнать время отложенной поездки. Группы в социальных сетях не удовлетворяют потребности пользователей в функционале. Подводя итоги вышесказанного, можно сделать вывод, что нет такого программного средства, которое соответствовало бы всем установленным критериям, и каждое из программных решений имеет свои недостатки.

#### *Список литературы*

1. Сервис заказа такси Yandex. — URL: [https://taxi.yandex.ru/ru\\_ru/](https://taxi.yandex.ru/ru_ru/). (Дата обращения: 16.01.2024)
2. Сервис заказа такси Maxim. — URL: <https://vladivostok.taximaxim.ru/>. (Дата обращения: 16.01.2024)
3. Мобильное приложение “InDrive” — URL: <https://indrive.com/ru>. (Дата обращения: 16.01.2024)
4. Группа «Попутчики ДВФУ» <https://vk.me/join/8mThFkaSJzKjwNHeL8antK5U2rBFFWmJ5Tw=>. (Дата обращения: 16.01.2024)

---

Куксин Н.С.<sup>1</sup>, Домжалов И.Г.<sup>2</sup>

### **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РАЗРАБОТАННЫХ НА ОСНОВЕ ПРЕДИКТОРОВ В НЕПРЕРЫВНОЙ И МНОГОУРОВНЕВОЙ КАТЕГОРИАЛЬНОЙ ФОРМАХ**

<sup>1</sup>Департамент математического и компьютерного моделирования ИМиКТ ДВФУ

<sup>2</sup>Департамент фундаментальной медицины Школа медицины и наук о жизни ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель - д.т.н., доцент К.И. Шахгельдян

<sup>2</sup>Научный руководитель - д.м.н., профессор В.Н. Котельников

В последние годы в клиническую практику все шире внедряются системы поддержки принятия врачебных решений, одной из задач которых является оценка вероятности развития неблагоприятных событий. Для реализации этой задачи разрабатываются прогностические модели на основе методов машинного обучения (МО), где в качестве предикторов используются показатели клинико-функционального статуса больных, представленные в непрерывной или категориальной формах. В клинической медицине использование категориальных переменных имеет ряд преимуществ, так как отклонение анализируемых признаков от пороговых значений позволяет отнести их к факторам риска (ФР) неблагоприятных событий и дать клиническое обоснование предсказанной вероятности [1]. По мнению ряда авторов, показатели в категориальной и, в частности, дихотомической форме могут приводить к потере информации,искажению результатов анализа [2]. Альтернативой дихотомизации является подход, основанный на многоуровневой категоризации медицинских данных, позволяющий более точно классифицировать ФР и принимать оптимальные решения по их устраниению [3].

Целью работы является сравнительная оценка качества прогностических моделей внутригоспитальной летальности (ВГЛ) у больных инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST

(ИМпСТ) после чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ), разработанных на основе предикторов в непрерывной и многоуровневой категориальной формах.

Проведено одноцентровое ретроспективное исследование, в рамках которого анализировали данные 4677 историй болезни пациентов с ИМпСТ после ЧКВ, находившихся на лечении в Региональном сосудистом центре г. Владивостока, из которых 318 (6,8%) умерло в стационаре, а 4359 (93,2%) имели благоприятный исход лечения. Прогностические модели ВГЛ разработаны с помощью метода многофакторной логистической регрессии (МЛР). Их качество оценивали по 6 метрикам: площадь под ROC-кривой (AUC), чувствительность (Sen), специфичность (Spec). Датасет был разделен на 2 выборки: для обучения и кросс-валидации (80%) и для итогового тестирования (20%). Процедура обучения и кросс-валидации выполнялась методом стратифицированного k-Folders на 10 выборках. Усредненные метрики качества AUC, Sen и Spec использовали для выбора лучшей модели, отбора и валидации предикторов и подбора оптимальных. Для заключительного тестирования лучшие модели МЛР обучали на 80% датасета, а проверяли на подгруппе для итогового тестирования. Для доверительной оценки метрик качества процедуру повторяли 500 раз, выполняя первоначальное разделение случайным образом методом Монте-Карло.

Для многоуровневой категоризации предложено использовать объединение пороговых значений, выделенных при дихотомизации, а также их ранжирование с помощью весовых коэффициентов (ВК) МЛР. Дихотомизация потенциальных предикторов производилась с помощью методов оптимизации на сетке с шагом  $\Delta=(\max-\min)/100$ : минимизация p-value - Min(p-value), максимизация AUC - Max(AUC), метода аддитивного объяснения Шапли (SHAP) [4].

По результатам анализа показателей клинико-функционального статуса больных ИМпСТ были выделены, валидированы и категоризованы предикторы ВГЛ (см. табл.).

Таблица  
Весовые коэффициенты и пороги предикторов, полученные методами многоуровневой категоризации

Предикторы	Пороги	ВК	Предикторы	Пороги	ВК
Возраст, лет	[65;71] 71+	0.112 0.873	Нейтрофилы, %	[75;77] [77;79] 79+	0.405 0.78 0.75
Систолическое артериальное давление, мм рт.ст.	60- [60;92] [92;112] [112; 120]	0.276 0.54 0.352 0.364	Эозинофилы, %	0.09- [0.09;0.3]	0.935 0.371
Частота сердечных сокращений, уд/мин	[82;95] 95+	0.538 1.151	Фракция выброса левого желудочка, %	31- [31;45] [45;51]	1.735 0.566 0.311
Класс острой сердечной недостаточности по T.Killip	3 4	0.512 0.859	Тромбокрит, %	[0.31;0.36] 0.36+	0.551 0.582
Креатинин, мкмоль/л	[123;166] [166;189] 189+	0.456 0.774 1.489	Глюкоза, ммоль/л	[6.5;6.9] [6.9;8.9] [8.9;17] 17+	0.368 0 0.648 1.12

Модель разработанная с помощью предикторов в многоуровневой категориальной форме не уступала по точности модели с непрерывными переменными (AUC - 0.902 [0.9; 0.903] и 0.9 [0.841; 0.959], Sen - 0.825 [0.819; 0.831] и 0.843 [0.715; 0.972], Spec - 0.834 [0.833; 0.836] и 0.838 [0.807; 0.868] соответственно).

Преимущество моделей с многоуровневой категоризацией предикторов заключалось в возможности объяснения и клинической интерпретации результатов прогнозирования ВГЛ. Многоуровневая категоризация предикторов является перспективным инструментом для объяснения прогнозных оценок в клинической медицине.

### *Список литературы*

1. MacCallum R.C. On the practice of dichotomization of quantitative variables / MacCallum R.C., Zhang S., Preacher K.J., Rucker D.D. // Psychol Methods. - 2002. - №1 - P. 19-40. doi:10.1037/1082-989x.7.1.19
2. Altman D.G. Dangers of using "optimal" cutpoints in the evaluation of prognostic factors. / Altman D.G., Lausen B., Sauerbrei W., Schumacher M. // J Natl Cancer Inst. - 1994. - №11. - P.829-835. doi:10.1093/jnci/86.11.829
3. Chen Y. A novel approach to determine two optimal cut-points of a continuous predictor with a U-shaped relationship to hazard ratio in survival data: simulation and application / Chen Y., Huang J., He X., et al. // BMC Med Res Methodol. - 2019. - №1. doi:10.1186/s12874-019-0738-4
4. Lundberg S.M. A unified approach to interpreting model predictions, in: Advances in Neural Information Processing Systems / Lundberg S.M., Lee S.I. // Proceedings of the 31st Annual Conference on Neural Information Processing Systems, 04-09 Dec., 2017. Long Beach. doi.org/10.48550/arXiv.1705.07874

---

Лемеш В.Е.

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ ОБУЧЕНИЯ МЕТОДУ  
ОНТОЛОГО-ОРИЕНТИРОВАННОГО АНАЛИЗА И МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ**

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ  
Научный руководитель – старший преподаватель О.А. Крестникова

В процессе разработки программного обеспечения выделяют: этап анализа - описание предметной области в терминах специалиста, этап проектирования – описание предметной области на языке проектов и этап реализации – описание предметной области в терминах языка программирования. Основные трудности при обучении студентов программированию в широком смысле возникают именно в процессе освоения первого этапа.

В рамках данной работы рассматривается онтологово-ориентированный подход к анализу, суть которого состоит в построении: декларативной модели предметной области, математических постановок задач и методов их решения. Представление модели на формальном языке сложно для понимания студентами, предпочтительным является язык, имеющий синтаксис, близкий к естественному языку.

Автоматическое построение онтологий по некоторому набору текстовых документов полностью определено концептуальной структурой онтологии [1]. Это процесс, состоящий из нескольких этапов,

на каждом из которых происходит извлечение из текста фактов или их постобработка для формирования какой-то части онтологии, будь то объекты, концепты или же отношения между ними.

Процесс построения онтологии на основе множества документов, состоит из следующих этапов [2]:

- идентификация и извлечение объектов;
- кластеризация объектов на группы синонимичных объектов;
- идентификация и извлечение концептов;
- поиск соответствия кластеров извлеченным концептам;
- извлечение отношений наследования между концептами;
- извлечение вспомогательных отношений;
- извлечение правил.

На данный момент существуют программные системы, позволяющие частично реализовать процесс автоматического построения онтологий (например: OntoGen, OntoLT, TextOntoEx), которые используют для извлечения из текстовых документов подходы, основанные на машинном обучении и основанные на правилах. Ниже представлено сравнение подходов, используемых в рассмотренных системах (таблица).

Подход, основанный на правилах, требует явного задания правил и шаблонов для извлечения концепций и отношений из текста. Это позволяет более точно контролировать процесс извлечения и гибко настраивать алгоритм под конкретную предметную область. Отдельно стоит отметить использование семантических шаблонов, такой подход в комбинации с извлечением на основе правил позволяет извлекать сущности из текста, описываемые более сложными лингвистическими конструкциями. Однако такой подход требует значительного усилия на этапе разработки правил и может не учитывать все возможные варианты текстовых выражений.

Подход, основанный на машинном обучении, частично решает эту проблему, позволяя системе самостоятельно выявлять закономерности в тексте и настраиваться на конкретные особенности предметной области. Он более гибок и способен работать с разнообразными текстовыми данными без необходимости явного задания правил. Однако для обучения таких систем требуется большой объем размеченных данных, что может быть сложно достичь в некоторых областях, а также системы могут не всегда обладать высокой интерпретируемостью результатов.

Таблица

Сравнительная таблица программных систем

	OntoLT	OntoGen	TextOntoEx
Требует большой выборки текстовых документов	-	+	-
Требует разработки правил извлечения от пользователя	+	-	-
Извлекает концепты и их объекты	+	+	+
Извлекает иерархические отношения между концептами	+	+	+
Извлекает не таксономические отношения и знания из текстов	+/-	-	+

Часто относящиеся к некоторым предметным областям большие коллекции текстовых документов могут отсутствовать или доступ к ним может быть затруднен, поэтому подход, основанный на машинном обучении, может быть не эффективен.

Таким образом, разрабатываемая система должна основываться на подходе, основанном на правилах с использованием семантических шаблонов. Для решения основной проблемы данного подхода, а именно полноты извлеченной информации из текста, необходимо разработать универсальные текстовые шаблоны для определения всех этапов построения онтологий.

Данное решение позволит ограничить набор семантических шаблонов и тем самым учесть все возможные варианты для извлечения из текста.

Следовательно, для разработки программной системы требуется инструмент, позволяющий разрабатывать собственные правила, а также семантические шаблоны для извлечения информации из текстов. Для корректного извлечения концептов из текста необходима встроенная возможность нормализации слов. Также предполагается, что разрабатываемая система будет работать с текстами на русском языке.

#### *Список литературы*

1. Платонов А.В., Полещук Е.А. Методы автоматического построения онтологий. // Программные продукты и системы № 2 (114), 2016.
2. Buitelaar P., Cimiano P. and Magnini B. Ontology learning from text: methods, evaluation, and applications. // Journ. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, 2007, vol. 123, p. 180.

---

Логачев Е.М.<sup>1</sup>

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ПО 3Д РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ ПО ВИДЕОПОТОКУ В ДИНАМИЧЕСКОЙ СЦЕНЕ**

<sup>1</sup>Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

<sup>2</sup>Кафедра информационных технологий и систем ВВГУ

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Гриняк<sup>2</sup>

Одновременное восстановление траектории движения автономного робота и построение 3D модели окружающей обстановки по видеинформации является сложной многоэтапной задачей [1-6]. Многоэтапная обработка, включает выделение групп точек, принадлежащих объектам статики и динамическим объектам (ДО), расчет траектории движения камеры и траекторий движения ДО, а также 3D реконструкцию объектов с восстановлением невидимых участков поверхностей объектов.

В соответствии с методом представления иерархии функциональных процессов, связанных потоками данных, модель системы определяется как иерархия диаграмм потоков данных, описывающих асинхронный процесс преобразования информации от ее ввода в систему до выдачи потребителю. Источники информации (внешние сущности) порождают информационные потоки (потоки данных), переносящие информацию к подсистемам или процессам. Те, в свою очередь, преобразуют информацию и порождают новые потоки, которые переносят информацию к другим процессам или подсистемам, накопителям данных или внешним сущностям.

На рисунке 1 представлены основные функциональные процессы, связанные потоками данных, всей системы по навигации автономного дрона, в том числе и рассматриваемые в данной работе.

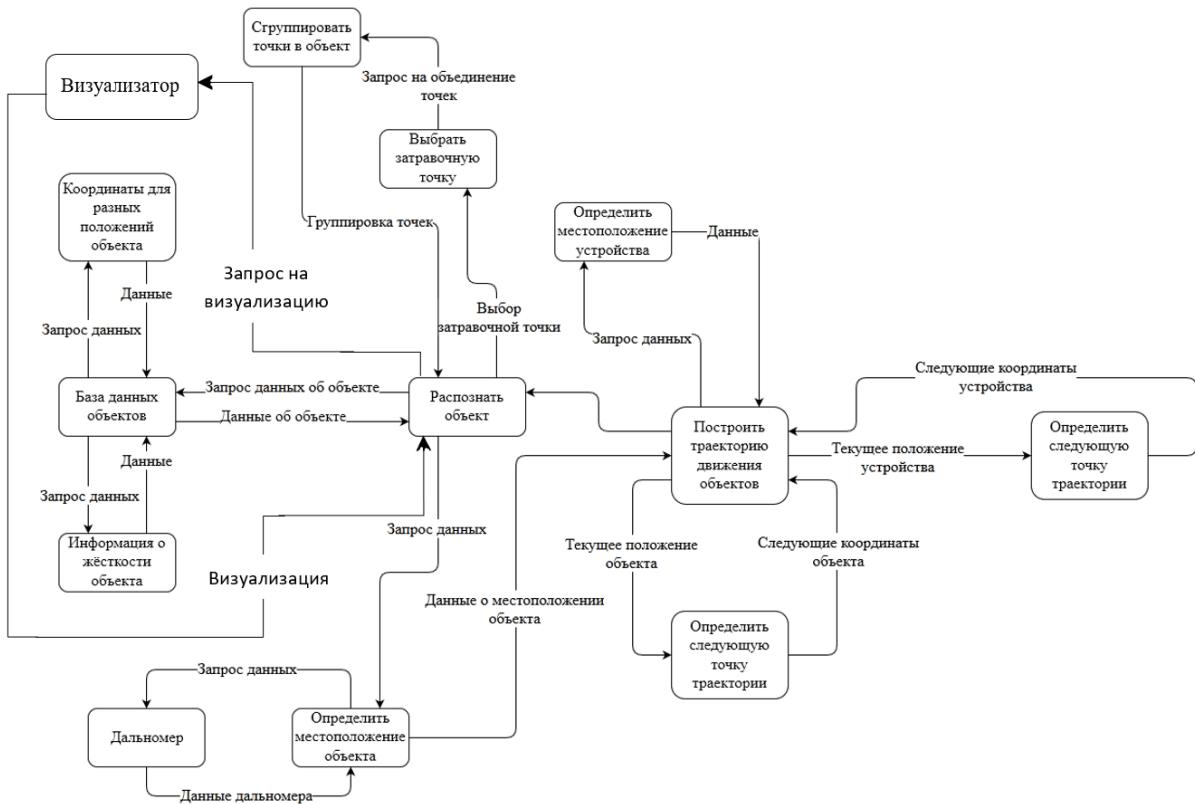


Рисунок 1 – Диаграмма потоков данных

Предварительная обработка данных:

1. На вход системе поступает видеопоток, записанный камерой на роботе.
2. На выходе – данные о местоположении и количестве объектов.

Вычисление признаков:

1. На входе – множество координат точек.
2. На выходе – множество признаков объектов.

Из диаграммы возможно также увидеть то, что подсистему по идентификации объектов можно условно разделить на два модуля: модуль по формированию групп точек (создания образа объекта) и модуль по отслеживанию объекта.

Первым свою работу в данной подсистеме производит модуль по формированию групп точек. После получения системой данных со стереокамер и их обработки, начинается работа по выбору «затравочной» точки. После того, как структурное представление объекта будет получено в работу вступает модуль по отслеживанию объекта на каждом из кадров видеопотока и модуль визуализации.

На данном этапе работы ведётся уточнение модели данных и архитектурных решений, разрабатываемой программной системы.

#### Список литературы

1. Taneja A., Ballan L., Pollefeys M. Modeling dynamic scenes recorded with freely moving cameras // Conference on Computer Vision. 2010. P. 613–626. doi:10.1007/978-3-642-19318-7\_48
2. Mustafa A., Kim H., Guillemaut J-Y., Hilton A. General Dynamic Scene Reconstruction from Multiple View Video // ICCV. 2015. P. 900–908. doi:10.1109/ICCV.2015.109

3. Keller M., Lefloch D., Lambers M., Izadi S., Weyrich T., and Kolb A. Real-time 3d reconstruction in dynamic scenes using point-based fusion // Proc. of Joint 3DIM/3DPVT Conference (3DV). 2013. P. 1–8. doi:10.1109/3DV.2013.9

4. Mustafa A., Kim H., Guillemaut J-Y., Hilton A. Temporally coherent 4D reconstruction of complex dynamic scenes // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern recognition. 2016. P. 223–245. doi:10.1109/CVPR.2016.504

5. Бобков В.А., Кудряшов А.П. Воксельный метод построения триангуляционной поверхности по множеству видов [Электронный ресурс] // Информатика и системы управления. 2012. N 2. С. 31–38. URL: [http://media/2012/N32\\_04.pdf](http://media/2012/N32_04.pdf) (дата обращения: 13.06.2021)

6. Бобков В.А., Кудряшов А.П. Построение трёхмерной модели морского дна воксельным методом [Электронный ресурс] // Подводные исследования и робототехника. 2016. N 2. С. 13–18. URL: <http://jmtp.febras.ru/journal/2-22-2016/13-18.pdf> (дата обращения: 13.06.2021)

---

Макаров С.С.<sup>1</sup>, Ипатов Г.Г.<sup>2</sup>

## НАРРАТИВ КАК ИСХОДНАЯ ТОЧКА В СОЗДАНИИ ИГРОВОГО ПРОЕКТА

<sup>1</sup>Кафедра прикладной информатики ЕАСИ

<sup>2</sup>Департамент информационных и компьютерных систем ИМиКТ ДВФУ

Видеогames остаются одним из ведущих направлений в современной индустрии развлечений. По данным Mordor Intelligence, число активных игроков по всему миру за восемилетний период (2015-2023) выросло с 1,99 до 3,07 миллиардов, что свидетельствует о возрастающей мировой потребности в создании качественных видеоигр [1]. В таких условиях особенно важной задачей игровых студий является разработка игровых проектов, способных привлекать новых игроков и удерживать их внимание.

Видеогра – сложный объект, медиапродукт, включающий в себя несколько произведений, техническая часть и смысловое наполнение которого составляют единство [2]. Videogra одновременно может рассматриваться и как новейшая форма медиа, объект искусства, и как крупный IT-проект, требующий определённых ресурсных затрат. Даже при использовании наиболее эффективного, гибридного метода реализации IT-проектов, который сочетает методики Waterfall, Agile и SCRUM, значительным фактором, определяющим специфику проекта, остаётся его содержание [3].

Форма и функционирование – один из пяти уровней исследования видеогры, предложенных Я. Богостом и Н. Монфортом [4]. В рамках этого направления игра рассматривается со стороны нарратологического и людологического подходов. Нарратологический подход рассматривает мироустройство игры и берёт во внимание причинно-следственные связи, в то время как людологический подход обращён к игровым механикам и взаимодействию игрока с игровым миром [5]. Обе эти составляющие описывают поведение программы, образуя содержание игры; нарратив обеспечивает целостность содержания и занимает главное положение в восприятии происходящего игроком, поскольку игрок является реципиентом, важность которого превосходит важность нарратора в силу специфики медиа [6]. Следовательно, проектирование игрового процесса может быть неэффективным, если при разработке игрового продукта не уделить внимание нарративу.

Нарратив – это полнота игрового опыта игрока, полученного путём уникального прохождения игры. Включённый нарратив создаётся игровыми сценаристами и нарративными дизайнерами в зависимости от жанра игры, это явно выраженная форма повествования, в основном сопровождающая

игрока в сюжетно-ориентированных игровых проектах. Эмергентный нарратив – это чистый игровой опыт как повествование, возникающее в сознании игрока во время уникального прохождения игры на основе совершённых выборов или действий [6]. Будет справедливым предположить, что степень участия эмергентного нарратива в игровом процессе зависит от степени влияния игрока на сюжет и игровой процесс игры – агентивности; ориентация на определённый тип нарратива в разработке игрового проекта, в свою очередь, может указывать на необходимую степень агентивности.

Нарративный дизайн обеспечивает поддержание цельности и правдоподобности содержания игрового проекта при помощи инструментов встроенного нарратива и таким образом создаёт условия для формирования эмергентного нарратива. Механики и игровой процесс – «самый универсальный инструмент любого нарративного дизайнера» [6]. Связка сюжета, нарратива и игрового процесса позволяют игроку получить опыт целостной истории.

Рассмотрев основные пункты концепт-документа, в проработке которых принимает участие нарративный дизайнер, можем определить, на каких этапах нарратив занимает ведущую роль в создании игрового проекта.

В концепт-документе прорабатываются совместно с нарративным дизайнером название игры, целевая аудитория и портрет игрока, основные особенности игры; геймплей, основная механика и мотивация игроков; сторителлинг и нарратив. Исследование целевой аудитории и портрета игрока производится с целью выявить актуальное наполнение проекта: нарративный дизайнер определяет возраст, пол, гражданство и степень увлечённости игрока. В основные особенности входят характеристика игры и её концептуальная идея; нарративный дизайнер совместно с геймдизайнером описывают разрабатываемую игру в общих чертах, в зависимости от целевой аудитории и выбранного жанра, и выделяют её сильнейшую сторону. Геймплей, или игровой процесс, – это процесс взаимодействия игрока с игровым миром; он является прямым следствием смыслового наполнения, основная механика (кор-механика) должна подкрепляться элементами мотивации игрока в соответствии с характеристикой целевой аудитории. Пункт про сторителлинг и нарратив содержит сюжет и описывает получаемый игроком опыт, здесь же описываются предпосылки возникновения эмергентного нарратива [6].

Работа нарративного дизайнера предполагает написание сценарного синопсиса, в который, в свою очередь, входят: название, жанр истории, референсы (примеры подобных проектов), сеттинг, список персонажей, описание конфликта и краткий сюжет [6]. При формировании концепции разработчики могут сделать особый упор на эмергентном нарративе; в таком случае, предпочтителен будет жанр, сам собой предусматривающий высокую агентивность, например, песочница или иммёрсив-сим (англ. «иммерсивный симулятор»). Написание синопсиса особенно важно на первых этапах разработки перед написанием самой концепции, так как из определения нарративного содержания исходит необходимость выбора преобладающего типа нарратива. Выбор одного из типов нарратива как вектора дальнейшей разработки может определять основные игровые механики и их взаимодействие, а значит, обуславливать проектирование игрового процесса – геймдизайн.

Пункты геймдизайн-документа, в проработке которых следует принять участие нарративному дизайнеру, это: краткий обзор игры; сеттинг; геймплей; кор-механика и метагейм; персонажи; сюжет; музыка и звуковые эффекты; внутриигровые тексты. Эти составляющие – элементы, которые сопровождают игрока в его уникальном прохождении и способствуют погружению в состояние потока [7].

Отсутствие предварительной проработки нарративной составляющей в перспективе может повлечь за собой ряд нелогичностей в содержании продукта, одной из которых является расхождение

сюжета и игрового процесса – лудо-нarrативный диссонанс. В значительной степени лудо-нarrативный диссонанс можно наблюдать в таких проектах, как The Witcher 3 и Cyberpunk 2077, в которых основная сюжетная линия параллельна избранным принципам миростроения и прямо противоречит им (т.н. «конфликт неотложности событий»). Грамотная работа narrативного дизайнера с самых ранних этапов создания игры поможет избежать подобных ошибок. Вклад narrативного дизайнера в игровой проект носит фундаментальный характер, поскольку narrатив как история, возникающая из опыта игрока, имеет первичное значение для содержания проекта.

#### *Список литературы*

1. Игровая индустрия – анализ размера и доли – тенденции роста и прогнозы (2024–2029 гг.) // Mordor Intelligence, консультативная фирма исследования рынка. — URL: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/global-gaming-market>
2. Макаров С.С., Пронин А.А. Видеоигра как объект авторского права // Известия высших учебных заведений. Уральский регион. – 2023. – №4. – С. 19-23.
3. Дерябина Л.В., Немкина А.В. ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ИТ ПРОЕКТАМИ // Скиф. 2022. №4 (68). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-upravleniya-it-proektami> (дата обращения: 30.03.2024).
4. Данилюк М.Д., Шпаковский Ю.Ф. Разработка видеоигр: проблемы современных исследований // Труды БГТУ. Серия 4: Принт- и медиатехнологии. 2017. №4 (195). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-videoigr-problemy-sovremennoy-issledovaniy> (дата обращения: 19.04.2024).
5. Клюев А.А., Клюева Е.Н. Перспективы анализа видеоигр с применением концепта когнитивно-деятельностного антропологического типа // Манускрипт. 2021. №10.— URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-analiza-videoigr-s-primeneniem-kontsepta-kognitivno-deyatelnostnogo-antropologicheskogo-tipa> (дата обращения: 30.03.2024).
6. Андрианова Н.А. Как создавать истории. Основы игровой сценаристики и narrативного дизайна за 12 шагов / Наталья Андрианова, Светлана Яковлева. – М.: Эксмо, 2023. – 256 с.
7. Казакова Н.Ю. Принципы проектирования обусловливающих достижение состояния «Потока» аспектов в гейм-дизайне // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 2: Филология и искусствоведение. 2016. №1 (172).— URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsipy-proektirovaniya-obuslovlivayushchih-dostizhenie-sostoyaniya-potoka-aspektov-v-geym-dizayne> (дата обращения: 30.03.2024).

---

Манжос А.И., Каменщикова С.В., Литвинова П.В.

### **РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ВЕБ-СЕРВИСА ДЛЯ ИНФОРМИРОВАНИЯ О СФЕРЕ УСЛУГ КАМПУСА ДВФУ**

Департамент информационных и компьютерных систем ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – доцент Л.В. Красюк

На территории кампуса ДВФУ работает множество компаний, предоставляющих разнообразные услуги: КАКИЕ? Каждая из компаний имеет свой график работы, который может меняться в зависимости от различных обстоятельств, таких как праздничные дни, проведение мероприятий на

территории вуза, плохих погодных условий. Информация об изменениях в графиках работы компаний, местах их расположения, может быть неактуальной или не предоставляться совсем.

Для исследования, посвященного изучению удовлетворенности людей, уровнем и качеством информированности об услугах кампуса ДВФУ, был проведён опрос среди посещающих кампус гостей, а также среди проживающих в кампусе ДВФУ студентов и сотрудников. В ходе исследования получены данные от 161 человека, среди которых 146 студентов (90,7%), 12 сотрудников университета (7,5%) и 3 туриста (1,9%).

В результате опроса было выявлено, что 87 человек (58%) считают, что в используемых ими источника некоторая информация о сфере услуг кампуса отсутствует или недостаточно подробна; 55 человек (36,7%) полностью удовлетворены информацией; 8 человек (5,3%) не смогли дать точного ответа (см. рисунок 1).

Удовлетворены ли вы полнотой информации, указанной в используемых вами источниках?

150 ответов

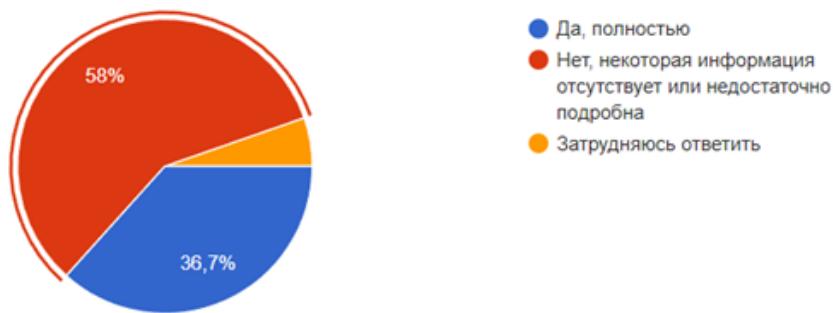


Рисунок 1 – Оценка удовлетворённости полнотой информации

Большинство респондентов – 101 человек (67,3%) сталкивается с ошибками в информации, приведённой в различных источниках, 49 человек (32,7%) не сталкивается с ошибками.

В данном контексте разработка веб-сервиса, который не только бы содержал всю необходимую информацию о компаниях, предоставляющих свои услуги на территории кампуса ДВФУ, но и позволял актуализировать эту информацию, является очень актуальной. Разработка такого сервиса решит проблему разрозненности источников информации и актуализации информации, предоставит удобный способ поиска необходимой информации о сфере услуг кампуса [1].

Целью разработки информационной системы (далее ИС) является увеличение скорости поиска и упрощение доступа к информации о компаниях, работающих на территории кампуса ДВФУ.

Необходимо разработать информационную систему для информирования гостей и людей, проживающих в кампусе, о времени работы и местоположении компаний. Информация в системе будет обновляться и добавляться администратором, который будет осуществлять сбор информации из различных источников, таких как сайты компаний, контакты с представителями компаний, сообщества компаний в социальных сетях и электронные справочники городов. Информация будет включать в себя тип компании, её наименование, местоположение, контактные данные, график работы и описание. В результате анализа деятельности по информированию о сфере услуг в кампусе ДВФУ создана диаграмма системных прецедентов, представленная на рисунке 2 [2].

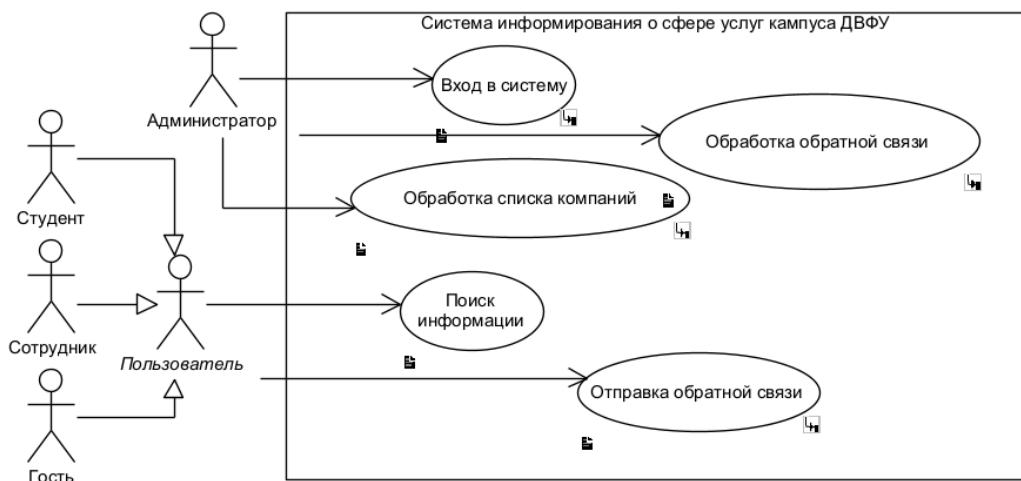


Рисунок 2 – Диаграмма системных прецедентов

На основе модели системных прецедентов выделены основные концепции предметной области и создана диаграмма ключевых абстракций, представленная на рисунке 3.

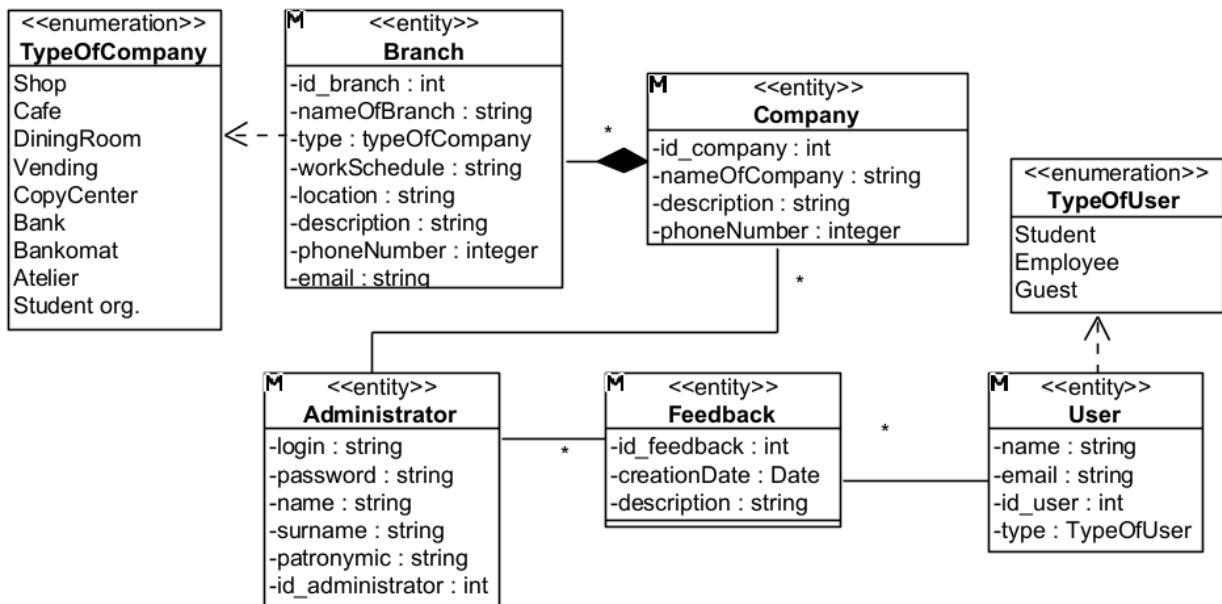


Рисунок 3 – Диаграмма ключевых абстракций

В качестве средств реализации выбраны: язык программирования Python, библиотека для разработки telegram-ботов pyTelegramBotAPI и среда разработки PyCharm.

#### *Список литературы*

- Чистов, Д.В. Проектирование информационных систем : учебник и практикум для вузов / Д.В. Чистов, П. П. Мельников, А. В. Золотарюк, Н. Б. Ничепорук. — М: Юрайт, 2024. — 293 с.
- Кватрани, Т. Rational Rose 2000 и UML. Визуальное моделирование / Т. Кватрани. — Москва : ДМК Пресс, 2009. — 176 с. — ISBN 5-94074-131-2. — Текст : электронный // ЭБС Лань. — URL: <https://e.lanbook.com/book/1237> (дата обращения: 10.03.2024).

Мареев И. С.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕНЕРАТОРА ЗАДАЧ И ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТЕЙ ГЕНЕРАТИВНЫХ ИСКУССТВЕННЫХ ИНТЕЛЛЕКТОВ В ИХ РЕШЕНИИ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМИКТ ДВФУ

Научный руководитель - к.т.н., доцент Г.П. Озерова

### Введение

В наше время количество обучаемых на одном направлении подготовки может достигать сотни человек, вследствие чего возникает необходимость в создании индивидуальных вариантов контрольных и проверочных заданий соответствующего количества. В связи с этим возникает необходимость в инструменте, позволяющем эффективно создать варианты заданий для каждого студента в кратчайшие сроки. Таким инструментом может стать генератор индивидуальных заданий, представленных в виде изображений. Получив такое задание, студент не сможет воспользоваться чужими решениями, вынужден будет выполнять задание самостоятельно, и сформирует необходимые компетенции по дисциплине для успешной адаптации на рынке труда после окончания университета.

Однако существует мнение, что для решения практически любых задач учебного характера студенты могут использовать генеративный искусственный интеллект, который либо полностью выполнит за него задание, либо сделает большую его часть.

Настоящее исследование нацелено на проверку следующей гипотезы: студент не сможет с помощью генеративного искусственного интеллекта в полном объеме выполнить задание, представленное в виде изображения и имеющее четкие требования к его выполнению.

Для примера рассматривается задание «Создание адаптивной html-страницы». Каждому студенту предлагается макет в виде изображения и различные требования по реализации (использование grid, flex и пр.)

Для проверки гипотезы будут использоваться макеты, сгенерированные с использованием генератора задач на основе формальных грамматик. Генеративный искусственный интеллект будет задействован для автоматического создания верстки страниц по сгенерированным макетам.

### Описание генератора задач

Макеты страниц создаются генератором задач на основе контекстно свободной грамматики. Каждое задание по верстке представляет собой макет веб-страницы, включающий различные компоненты, такие как строка поиска, хедер, галерея, основной контент, футер и другие. Каждый из этих компонентов рассматривается как нетерминал в контекстно-свободной грамматике Бекуса-Наура (BNF) [1].

На рисунке 1(а, б, в) приведены возможные интерпретации выводов грамматики.

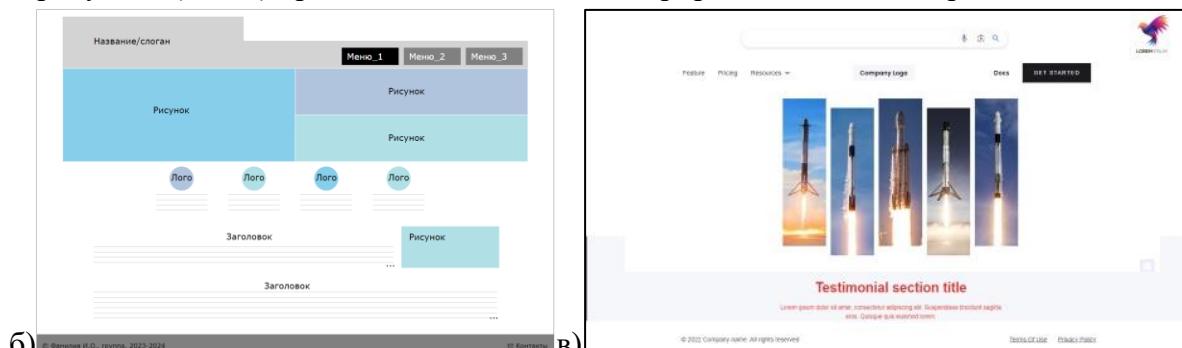


Рисунок 1 - Примеры сгенерированных макетов

## Проверка гипотезы

Проверим гипотезу исследования на примере генеративной нейросети GPT-4.

На данный момент GPT-4 - передовая генеративная нейронная сеть. Использование GPT-4 для проверки гипотезы исследования по генерации верстки позволит получить более точные и качественные результаты, сравнительно других генеративных моделей.

Попробуем решить с помощью него несколько задач и проверить насколько точно сгенерированный им HTML и CSS код будет соответствовать исходному макеты страницы:

Реализовать html-страницы на основе макетов, представленных на рисунке 1. Использовать блочные, строчные и/или строчно-блочное отображение элементов. При уменьшении экрана все компоненты страницы должны пропорционально уменьшаться (увеличиваться), сохраняя исходную структуру.

Реализовать html-страницы на основе шаблона (рис. 1). Для создания макета использовать flexbox или grid[2].

На рисунке 2 представлен макет одной страницы первого задания и результат создания страницы GPT-4.

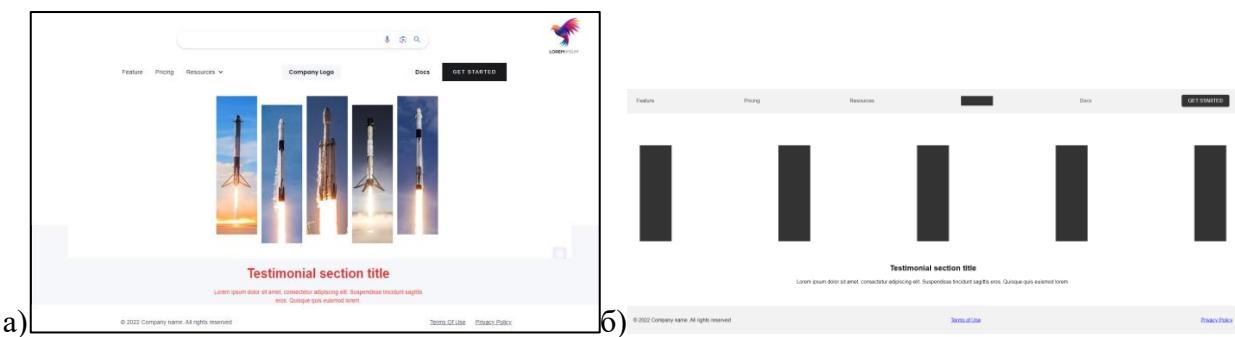


Рисунок 2 - а) Макет задания 1, б) Результат GPT

Проанализируем решение задания, представленное на рисунке 2. Ошибки, которые допустила нейросеть:

1. Отсутствует блок search
2. Неправильное расположение элементов хедера вследствие некоренного подбора стилей
3. Отсутствует ступенчатое расположения картинок и неправильное расположение их в галерее.
4. Неправильное позиционирование элементов в блоке футер.
5. Нарушение условий выполнения задания вместо строчно-блочного отображения используются flex отображение
6. Использование неверных тегов, например, в компоненте хедер вместо тега a был использован button.

На рисунке 3 представлен макет одной страницы второго задания и результат создания страницы GPT-4.

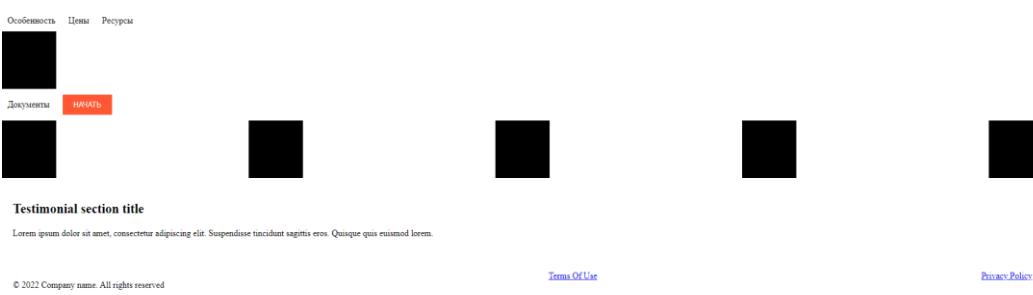


Рисунок 3 - а) Макет задания 2, б) Результат GPT

Это задание нейросеть выполнила с аналогичными замечаниями. Единственным улучшением работы нейросети является более точное соответствие реализации формулировке задания: использовался flexbox.

Результаты эксперимента позволяют сделать вывод о том, что при увеличении числа компонентов макета и повышении их сложности, эффективность использования генеративного искусственного интеллекта снижается. Кроме того, обнаружено, что запрос на использование конкретных технологий отображения, таких как строчно-блочное размещение элементов [2], часто игнорируются.

Исследование подтверждает гипотезу о том, что в настоящий момент применение искусственного интеллекта не позволяет верно решать задачи верстки html-страниц различной сложности по макетом в виде изображений.

В связи с этим, актуальным направлением является разработка специализированных генераторов задач в виде изображений с подробной инструкцией по выбору способов реализации.

#### *Список литературы*

1. Грамматики. Иерархия Хомского. Форма Бэкуса-Наура // IMathWiki URL: <https://wiki.livid.pp.ru/students/sp/lectures/8.html> (дата обращения: 26.03.2024).
2. Relationship of grid layout to other layout methods // mdn\_web\_docs URL: [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS/CSS\\_grid\\_layout/Relationship\\_of\\_grid\\_layout\\_with\\_other\\_layout\\_methods](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS/CSS_grid_layout/Relationship_of_grid_layout_with_other_layout_methods) (дата обращения: 26.03.2024).

---

Мельникова Е.А.

## **РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ВИДОВ**

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ  
Научный руководитель - д.ф.-м.н., профессор О.Л. Жданова

В настоящее время научно обоснованное, рациональное управление экосистемами приобрело особую актуальность, поскольку антропогенное воздействие на биологические системы уже сравнимо по своим масштабам с естественными природными явлениями и процессами. Решение задач оптимального управления эксплуатацией биоценозов и их составляющих строится на объединении идей и результатов современной популяционной экологии с идеями и методами математического моделирования экологических процессов и систем [1].

Разработка адекватных моделей сложного биоценоза начинается с создания тщательно разработанных моделей биосистем, состоящих из небольшого числа составляющих. При этом в моделях должны учитываться основные процессы, протекающие в отдельных популяциях (динамика половой и возрастной структур, плотностно зависимые эффекты и т.п.). Разработка математических моделей популяционной динамики взаимодействующих видов имеет и самостоятельный интерес, поскольку исследование характера и механизмов динамики численности популяций составляет одну из центральных проблем теоретической экологии [2].

Здесь исследователи сталкиваются с тем, что зачастую построенные математические модели не представляется возможным исследовать аналитически.

Эта же проблема возникает при численном исследовании модели динамики взаимодействующих видов. При исследовании необходимо проводить большие и сложные расчёты. Так как вручную их произвести нельзя, исследователю приходится прибегать при решении задачи к каким-либо программным средствам.

При этом у исследователя возникают следующие потребности при использовании программных средств:

- скорость вычислений;
- удобство пользования;
- функциональность.

Целью работы является разработка компьютерной системы для численного исследования модели динамики взаимодействующих видов.

Система должна выполнять следующие задачи:

1. Рассчитывать динамику численности двух взаимодействующих видов с использованием заданных пользователем параметров;

2. Отображать график динамики двух взаимодействующих видов.

При этом система имеет следующие цели:

- исследовать и отобразить динамику взаимодействующих видов;
- минимизировать время вычислений при решении задач в данной предметной области.

Были рассмотрены некоторые программные средства, которые можно использовать для решения задачи [3, 4, 5]. Результаты обзора представлены в таблице.

Таблица

Итоги сравнения программных средств

Признак сравнения	Microsoft Excel	MATLAB	Wolfram Mathematica
Скорость	–	+/-	+
Удобство	–	–	–
Функциональность	–	+/-	+/-

Проведённый анализ показал, что ни одно программное средство не удовлетворяет всем желаемым критериям, поэтому является актуальной разработка компьютерной системы для численного исследования динамики взаимодействующих видов.

На данный момент был осуществлён обзор существующих решений, описана математическая модель и проведено проектирование системы.

#### Список литературы

1. Е. Я. Фрисман, О. Л. Жданова, М. П. Кулаков, Г. П. Неверова, О. Л. Ревуцкая Математическое моделирование популяционной динамики на основе рекуррентных уравнений: результаты и перспективы. Часть I // Известия РАН. Серия биологическая, 2021, № 1, С. 3-18

2. Е. Я. Фрисман, О. Л. Жданова, М. П. Кулаков, Г. П. Неверова, О. Л. Ревуцкая Математическое моделирование популяционной динамики на основе рекуррентных уравнений: результаты и перспективы. Часть II // Известия РАН. Серия биологическая, 2021, № 3, с. 227–240

3. Джон Уокенбах. Excel 2013: профессиональное программирование на VBA / М.: «Диалектика», 2014. — 960 с.

4. MATLAB на сайте разработчика The MathWorks [Электронный источник] – URL: <https://ww2.mathworks.cn/en/products/matlab.html>

5. Wolfram Mathematica на сайте разработчика [Электронный источник] – URL:  
<https://www.wolfram.com/mathematica/>

---

Моисеев Д.А. , Ваяй М.С.

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ АНАЛИЗА АРБИТРАЖНЫХ СИТУАЦИЙ НА ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – д.т.н., профессор И.Л. Артемьева

В современном финансовом рынке существует множество сервисов для работы с денежными средствами, помогающие пользователям заключать сделки купли-продажи самым оперативным образом. В условиях постоянных колебаний цен, арбитраж, как стратегия инвестирования, становится полезным инструментом. Его суть заключается в использовании различий в ценах одних и тех же активов на разных рынках с целью получения прибыли.

За последние двадцать лет было замечено немало проявлений арбитражных ситуаций на финансовых рынках. Например, в первой половине февраля 2022 года одна акция Сбербанка на Мосбирже (МОЕХ) стоила 261 рубль. В это же время на Лондонской фондовой бирже (LSE) можно было купить депозитарные расписки (ADR) Сбербанка — одна расписка соответствовала четырем акциям компании. Расписки давали право на акции по цене 13,9 доллара за штуку при курсе 77,13 рубля, то есть одна акция стоила 268 рублей. Разница в 7 рублей между двумя биржами могла принести потенциальную доходность 2,6% [1].

Существует множество площадок и платформ для анализа арбитражных возможностей, и выбор наиболее подходящего зависит от требуемой функциональности и персональных предпочтений (MetaTrader 4, Interactive Brokers, P2P.Army, QUIK, Bloomberg Terminal)[2-3].

Особенности MetaTrader 4 [4]:

1. Наличие краткой не настраиваемой новостной ленты.
2. Возможность онлайн торговли через браузер, что обеспечивает большую гибкость и независимость от ОС.
3. Клиентская часть есть в версиях для Windows, IOS, Android.

Недостатки MetaTrader 4:

1. Нет механизмов работы в национальной валюте (отчёт на клиентском терминале всегда формируется на английском языке с указанием USD качестве валюты)
2. Отсутствие открытого клиентского API. В MetaTrader существует только API, доступные только для менеджеров и администраторов серверной части, что исключает возможность написания собственного интерфейса клиентского терминала [4].
3. Отсутствует возможность одновременного получения котировок из нескольких источников и их параллельный анализ.

Каждый торговый сервис включает в себя возможность мониторинга за котировками актива и размещение ордеров, наличие технических индикаторов, отображение краткой новостной ленты, контроль за персональным инвестиционным портфелем.

Проделав анализ существующих решений, составим таблицу сравнения функциональных возможностей этих программных средств на их способность к автоматическому выявлению арбитражных ситуаций (см. табл.).

Таблица

Сравнение торговых площадок

Площадка Функция/ особенность	MetaTrader 4	P2P.Army	ОУК	Interactive Brokers	Bloomberg Terminal
Кастомизация интерфейса	+	-	-	+	+
Подключение внешних плагинов	+	-	-	+	+
Отображение цен в текущий момент времени в графическом виде	+	-	+	+	+
Мониторинг состояния инвестиционного портфеля	+	-	+	+	+
Регистрация российских пользователей	+	+	+	-	-
Автоматическое выявление арбитражных ситуаций на фондовом и валютном рынке	-	-	-	-	-

Исходя из сравнительного анализа, в этих системах отсутствует функция автоматического поиска арбитражных ситуаций. Поэтому актуальной является разработка программной системы, имеющей эту функцию.

*Список литературы*

1. Новостной портал Газпромбанк Инвестиции [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://gazprombank.investments/blog/strategies/arbitrazh/>
2. Образовательный портал #investing [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.hashtaginvesting.com/blog/best-forex-scanners-in-2023>
3. Образовательный портал «Лучшие арбитраж сканеры» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://top-arbitrazhskaner.ru/>
4. Веб-платформа MetaTrader 4 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.metaquotes.net/ru/metatrader4/web-trading>

---

Налимов Д. В.

**СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА РЫНКА ИГРОВЫХ ПРЕДМЕТОВ**

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – ассистент Семиречёв А. С.

В настоящее время достаточно большое развитие получила индустрия компьютерных игр, а по мере появления более высоких компьютерных технологий начали появляться многопользовательские онлайн-игры. Для того, чтобы игровой опыт мог стать более разнообразным, некоторые разработчики

добавили возможность применять косметические предметы, которые изменяют внешний вид внутриигровой среды. Некоторые предметы стали доступны за реальную плату, что сформировало рынок внутриигровых предметов.

При огромном росте количества игр и, соответственно, косметических предметов из этих игр появляется необходимость в их структуризации, что позволило бы пользователю не запутаться в своих владениях. Применение автоматизированных программных инструментов позволило бы упростить взаимодействие с игровыми предметами, получить актуальную информацию об их ценах на различных торговых площадках и спрогнозировать возможные изменения цены предмета.

Существует множество программных продуктов, решающих подобные задачи, но не выполняющих никакого анализа получаемых данных, а также не имеющих функции прогнозирования цены.

Для рассмотрения существующих решений были выбраны такие виды программ, как:

- онлайн-сервисы,
- мобильные приложения,
- расширения для браузеров.

На основе изученных данных были выделены критерии сравнения программных средств и проведён анализ по этим критериям, результаты которого представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение программных средств

Решение Критерий	TradeIT.G G	Item Value Sorter	CSGO Backpac k	Loot.Far m	BUFF16 3	CS.MON EY	Steam Invento ry Helper
Удобный интерфейс	+	-	+	+	-	+	-
Подробная информация о предметах	+	-	-	+	+	+	+
Поддержка пользователей	+	-	-	+	+	+	-
Руководство пользования сервисом	+	-	-	+	-	+	-
Обилие поддерживаем ых игр	-	+	-	+	-	-	-
Прогнозирован ие цен	-	-	+	-	-	-	-
Возможность взаимодействия с предметами	+	-	-	+	+	+	+
Бесплатный доступ	+	+	+	+	+	+/-	+

Все рассмотренные средства, за исключением одного, не предоставляют инструментов для прогнозирования изменения цен на внутриигровые предметы, а также не со всеми из них удобно работать, поэтому есть смысл в разработке программного решения, которое будет соответствовать всем установленным критериям.

Для прогнозирования цен существует множество различных методов и алгоритмов. В рамках данной работы были выбраны эти методы машинного обучения:

- метод линейной регрессии[1],
- метод случайного леса[2],
- метод Гауссовских процессов[3],
- метод k-ближайших соседей[4].

Каждый из методов отличается временем обучения модели и скоростью вычисления.

Ранее было проведено исследование методов машинного обучения для прогнозирования, опубликованное в журнале «Неделя науки санкт-петербургского государственного морского технического университета»[5], в котором выполняли оценку точности, времени вычисления и обучения модели. На основе этих данных проводился сравнительный анализ методов, результаты которого представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнение точности методов машинного обучения

Метод	Точность прогнозирования %
Линейная регрессия	<b>73.67</b>
Случайный лес	71.39
Гауссовские процессы	73.54
k-ближайших соседей	73.26

На основе данных из приведённой таблицы можно сказать, что более точным из представленных методов является метод линейной регрессии. Поэтому его использование при разработке системы для прогнозирования цен внутриигровых предметов будет самым оптимальным.

*Список литературы*

1. Zhang Z. et al. Discriminative elastic-net regularized linear regression //IEEE Transactions on Image Processing. – 2017. – Т. 26. – №. 3. – С. 1466-1481.
2. Qiu, X., Zhang, L., Suganthan, P. N., & Amaratunga, G. A. (2017). Oblique random forest ensemble via Least Square Estimation for time series forecasting. Information Sciences, 420, 249-262.
3. Kim T. et al. Characterizing dynamic walking patterns and detecting falls with wearable sensors using Gaussian process methods //Sensors. – 2017. – Т. 17. – №. 5. – С. 1172.
4. Zhang Y. et al. Comparison of machine learning methods for stationary wavelet entropy-based multiple sclerosis detection: decision tree, k-nearest neighbors, and support vector machine //Simulation. – 2016. – Т. 92. – №. 9. – С. 861-871.
5. Иванова, Л. Н. Методы машинного обучения для прогнозирования / Л. Н. Иванова, А. В. Куркин, С. Е. Иванов // Неделя науки Санкт-Петербургского государственного морского технического университета. – 2020. – Т. 2, № 4. – С. 9.

---

Пак К.С., Югалдина Ю.К.

**УСТРАНЕНИЕ ДЕФЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – ассистент Е.М. Логачев

Работа с изображениями, в том числе с фотографиями, на сегодняшний день занимает важное место во множестве сфер деятельности людей. Нормой стало снимать фотографии или записывать

видео о важных событиях, использовать изображения в качестве иллюстраций для докладов, статьей, презентаций и рекламных материалов. Независимо от типа съёмки (повседневной, репортажной, в научных целях), зачастую требуется проводить дополнительные работы по изменению, улучшению, а в некоторых случаях и по восстановлению изображений. Однако не всегда возможно получить изображения приемлемого качества в связи с наличием сложных дефектов и ограниченности функционала существующих решений.

Для устранения дефектов на изображении существует множество различных программных средств, но не всегда они справляются со своей задачей или для этого необходимы дополнительные знания. Был проведен сравнительный анализ существующих программных и алгоритмических решений по устраниению дефектов на изображениях который показал, что дефекты, такие как дисторсия, перспективные искажения, инородные предметы на поверхности эмульсии, хроматическая aberrация, переэкспонирование устраняются при помощи определенного функционала в профессиональном ПО, и не все пользователи могут в этом разобраться. Но есть дефекты, такие как, заваленный горизонт, шум, которые пользователь может устранить при помощи ПО общего пользования или онлайн-сервисов без дополнительных навыков. Также при анализе было подчеркнуто, что онлайн-сервисы направлены на решение узкого набора задач с применением методов искусственного интеллекта, например, на устранение определенного дефекта или на реставрацию архивных изображений, которые построены на нейронных сетях или искусственном интеллекте.[1]

Таким образом, целью работы является разработка моделей и методов программной системы по устраниению дефектов на изображениях с рассмотрением алгоритма устранения механических дефектов.

При реализации разрабатываемой системы будут использованы методы для устраниния следующих дефектов: шум, размытие, заваленный горизонт, переэкспонирование, перспективные искажения, радиальная дисторсия, хроматические aberrации, присутствие инородных предметов на поверхности эмульсии, а также механические дефекты.

Для реализации алгоритмов был выбран язык программирования Python и библиотека OpenCV. Преимущество библиотеки OpenCV в том, что ее можно использовать для большинства операционных систем, и она не нуждается в интеграции с другими библиотеками, а также имеет большое разнообразие инструментов и алгоритмов компьютерного зрения и машинного обучения. [4]

На данный момент реализованы следующие алгоритмы: гауссовский шум, медианный фильтр, алгоритм автоматического определения угла поворота, переэкспонирование, которые устраняют соответствующие им дефекты (шум, размытие, заваленный горизонт, переэкспонирование).

Алгоритм автоматического определения угла поворота был также дополнен кадрированием изображения, путем вписывания его в прямоугольник, тем самым удаляя пустые области, которые возникли при повороте изображения, и приводя изображение к формату, который необходим пользователю. [3]

Пример работы алгоритма автоматического определения угла поворота с дополнительным обрезанием изображения можно увидеть на рисунке 1.

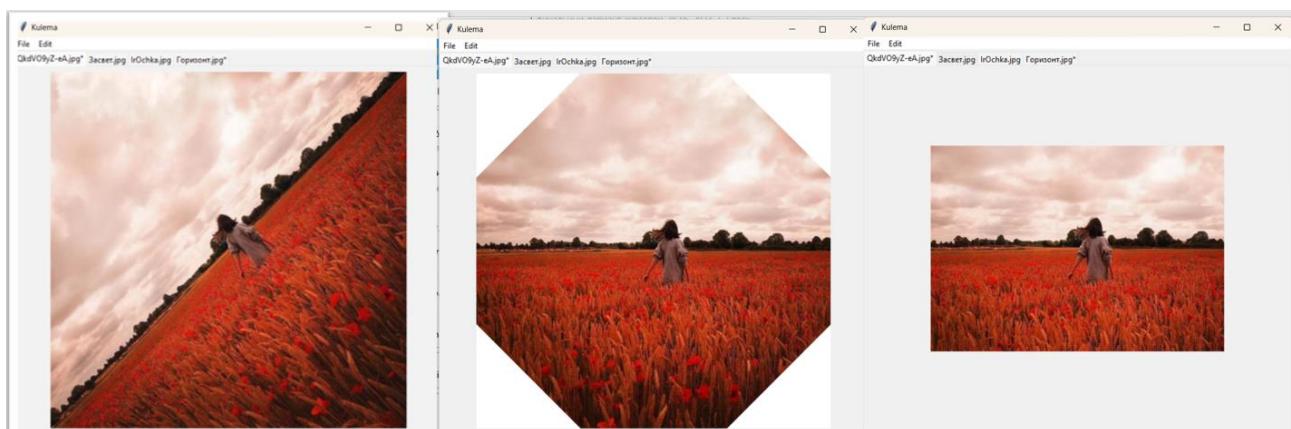


Рисунок 7 - работа алгоритма автоматического угла поворота с дополнительным обрезанием изображения

Также был реализован алгоритм по устранению радиальной дисторсии с изображения с помощью калибровки камеры. К сожалению, этот алгоритм не является универсальным ко всем изображениям с радиальной дисторсией. Поэтому, на данный момент, идет разработка метода, работающего без применения калибровки камеры, который будет более эффективен для большинства изображений. [2]

Подводя итог, был реализован вспомогательный набор инструментов для устранения таких дефектов, как шум, размытие, заваленный горизонт, переэкспонирование. Реализация инструментов для устранения других дефектов требует дальнейшей разработки.

#### *Список литературы*

1. Топ-20 программ для редактирования фото в 2023 году. — Текст: электронный // Photoshop: [сайт]. — URL: <https://free-photoshop-rus.ru/fotoredaktory-dlya-kompyutera.php?ysclid=lhj9vr7wc66406851> (дата обращения: 20.03.2023)
2. Что такое дисторсия в фотографии. — Текст: электронный // FOTOMTV: [сайт]. — URL: [https://fotomtv.ru/stati/chto\\_takoe\\_distorsiya\\_v\\_fotografii/?ysclid=li7p9gc2i877637940](https://fotomtv.ru/stati/chto_takoe_distorsiya_v_fotografii/?ysclid=li7p9gc2i877637940) (дата обращения: 20.03.2023)
3. Шиваров А. Е., Инфлянскас В. В. Разработка программного обеспечения для автоматического поворота пейзажных фотографий с целью устранения отклонения от горизонтали или вертикали – МГТУ им. Н. Э. Баумана. — Текст: электронный // Cyberleninka: [сайт]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-programmnogo-obespecheniya-dlya-avtomaticheskogo-povorota-peyzazhnnyh-fotografiy-s-tselyu-ustraneniya-otkloneniy-ot/viewer> – Дата публикации: 04.04.2012
4. OpenCV. — Текст: электронный // OpenCV: [сайт]. — URL: <https://opencv.org/> (дата обращения: 20.03.2023)

Похорукова А.А.

#### **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВЫЯВЛЕНИЯ АКАДЕМИЧЕСКОГО МОШЕННИЧЕСТВА НА ОНЛАЙН ПЛАТФОРМАХ**

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель - к.т.н., доцент Г.П. Озерова

В настоящее время большое количество контрольно-измерительных мероприятий студенты выполняют на онлайн платформе. При этом выставленное задание становится известным всем

студентам сразу после того, как его прошел один студент. И поскольку преподаватель в большинстве случаев не может контролировать процесс выполнения задания, ему необходим инструмент, который бы позволил определить, насколько самостоятельно каждый студент выполнял задание [1].

Современные онлайн системы предоставляют преподавателю огромный массив данных о поведении студентов при выполнении заданий на онлайн платформе (количество попыток, время выполнения заданий, код программы и т.д.) Анализ данных учебной аналитики с применением методов машинного обучения позволит выявлять случаи мошенничества среди студентов и представить результаты преподавателю [2].

Цель работы – создание алгоритма по выявлению академического мошенничества на основе данных учебной аналитики онлайн платформ [3].

Для исследования была выбрана платформа Stepik. По каждому курсу внутри Stepik преподаватель может получить отчёт, содержащий информацию о студенте и его прогрессе. Такое большое количество данных можно использовать для анализа поведения пользователя и выявления случаев академического мошенничества при выполнении студентами контрольно-измерительных заданий [4]. Проанализировав поведение пользователей на Stepik, были выделены способы выполнения заданий по программированию и способы выявления академического мошенничества (рис.1):

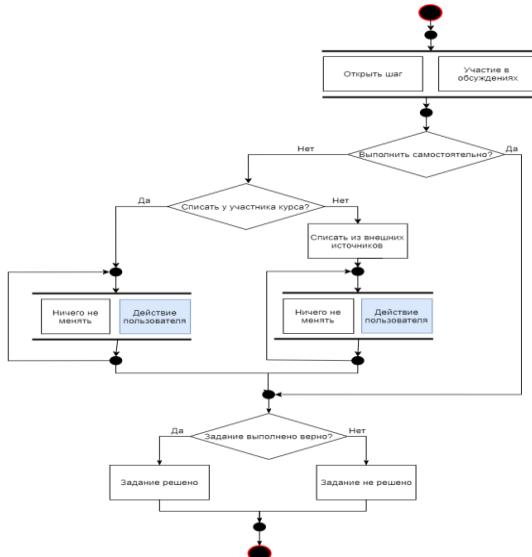


Рисунок 1 - Пути обучающегося при выполнении задания

1. Студент скопировал код у другого участника курса, никак не меняя код; достаточно осуществить проверку на копирование задания.

2. Студент, который взял решение у другого участника курса и внес некоторые изменения: переименовать переменные/названия функции или метода, добавить комментарии, изменить отступы, добавить пустые строки кода, изменить порядок вызываемой функций или методов. В этом случае способ проверки на копипаст не поможет, тогда используется метод неточного поиска (проверка на плагиат).

Методом сравнительного анализа был выбран метод «Расстояние Левенштейна», который определяет при каком минимальном количестве шагов можно преобразовать второй текст в первый текст с помощью операций вставки, удаления, добавления. Если количество шагов минимально, значит это плагиат.

В основе алгоритма нахождения расстояния Левенштейна лежит нормализация текста программного кода, разбиение кода на токены, вычисление левенштейнского расстояния между двумя последовательностями токенов, сравнение двух файлов на расстояние [5].

3. Студент, который взял решение из внешних источников (задание не числится среди решений внутри курса платформы). Здесь необходимо применять данные учебной аналитики, используя некоторые известные, отобранные критерии:

- Время выполнения шага за все попытки (если пользователь слишком быстро справился с заданием, то он скорее всего взял готовое из внешних источников)
- Количество попыток на один шаг (если пользователь решил сложное задание за одну попытку сразу верно, то есть вероятность несамостоятельно выполненного задания)
- Присутствие комментариев пользователя (если пользователь курса не участвует в обсуждении заданий, то он скорее всего не заинтересован в самостоятельном прохождении курса) и т.д.

Для классификации студентов на мошенников/не мошенников, (методом сравнительно анализа методов машинного обучения), был выбран «Градиентный бустинг» с использованием метода решающего дерева. Большинство методов классификации с учителем, которые были рассмотрены, могут быть улучшены с помощью техники "бустинга", которая позволяет улучшить точность модели путем комбинирования нескольких слабых классификаторов в один сильный классификатор. Подход состоит в жадном построении линейной комбинации простых моделей путем улучшения результатов с помощью перевзвешивания входных данных [6].

#### *Список литературы*

1. Е. Д. Шмелева. Плагиат и списывание в российских вузах: роль образовательной среды и индивидуальных характеристик студента. 2015. -84
2. «Как машинное обучение (Machine Learning) может помочь в борьбе с мошенничеством?» [Эл. ресурс]. — URL: <https://botfaqtor.ru/blog/machine-learning-vs-fraud/>
3. «Аналитика обучения» [Эл. ресурс]. — URL: <https://sberuniversity.ru/edutech-club/glossary/947/>
4. «Stepik – что это? Обзор надежной образовательной платформы родом из России» [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.sports.ru/style/blogs/3072862.html>
5. Нечёткий поиск в тексте и словаре [Эл. ресурс]. — URL: <https://habr.com/ru/articles/114997/>
6. Открытый курс машинного обучения. Тема 10. Градиентный бустинг [Эл. ресурс]. — URL: <https://habr.com/ru/companies/ods/articles/327250/>

---

Рева С.Б.

### **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ВРАЧА-ДИЕТОЛОГА**

Департамент информационных и компьютерных систем ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – к.т.н., доцент Т.В. Горборукова

Информационные системы приобретают все большее значение на пути к цифровизации структур и процессов в сфере здравоохранения. Не является исключением и диетология – область медицины, изучающая вопросы лечебного и профилактического питания. В настоящее время диетология, как наука, приобрела особую актуальность, поскольку разнообразие и свободный выбор продуктов в современном человеческом обществе в большинстве случаев приводят к нарушениям здоровья и провоцируют развитие тяжелых заболеваний [1].

Оказанием помощи в подборе правильного рациона, полноценно снабжающим организм всеми необходимыми питательными веществами, занимается врач-диетолог [2]. При более внимательном рассмотрении процесса работы этого специалиста становится очевидным наличие у данной деятельности определенного математического характера: диетология построена на ряде норм, выраженных в виде чисел, подсчет соответствия которым составляет большую часть задач этой области науки.

В данной работе рассматривается оказание медицинской помощи по профилю «диетология» в условиях отделения диетологии дневного стационара, действующего в соответствии с Приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 15.11.2012 №920н [3]. Текущая организация процесса составления оптимального рациона питания пациента отражена на модели IDEF0 AS-IS (рисунок 1).

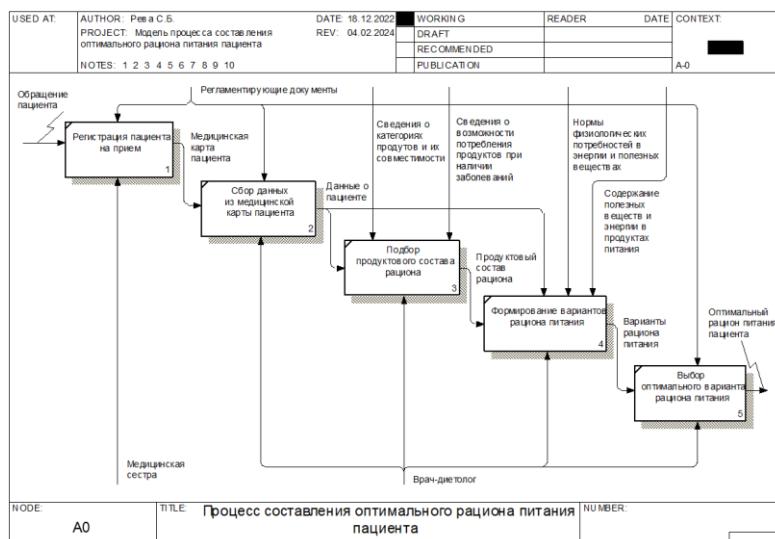


Рисунок 1 – Диаграмма IDEF0 AS-IS первого уровня декомпозиции

При рассмотрении текущей организации процесса составления оптимального рациона питания можно выделить проблему его трудоемкости, что не может не сказаться на эффективности и качестве оказания медицинских услуг пациентам. В связи с этим необходимо автоматизировать функциональные задачи, связанные с работой со справочными данными, выполнением вычислений по нахождению вариантов рациона питания, выбора из них оптимального и его хранением в базе, что позволит переложить большую часть работы с врача-диетолога (ручное выполнение) на информационную систему (программное выполнение). Таким образом, станет возможным снизить время ожидания пациентами медицинской помощи, а также устраниТЬ большинство ошибок, которые могли бы возникнуть при проводимых врачом-диетологом расчетах вручную или с использованием примитивных калькуляторов.

Задача составления рациона относится к числу классических задач линейного программирования, связанных с оптимизацией линейных функций при линейных ограничениях. Пусть имеется  $x_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) – число единиц продукта  $P_j$ ,  $b_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) – минимальная суточная норма потребления вещества  $S_i$ ,  $a_{ij}$  – число единиц вещества  $S_i$  в единице продукта  $P_j$ ,  $c_j$  – стоимость единицы продукта  $P_j$ . Для решения задачи необходимо найти такой рацион  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , удовлетворяющий системе (рисунок 2) и условию  $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0$ , при котором функция  $F = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$  принимает минимальное значение [4].

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \geq b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \geq b_2, \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \geq b_m \end{cases}$$

Рисунок 2 – Система ограничений

Одним из примечательных методов решения задач линейного программирования является симплекс-метод, представляющий собой обход угловых точек области допустимых решений (симплекса) с проверкой на оптимальность, то есть в направлении возрастания или убывания целевой функции. Данный метод отличается своей эффективностью, гибкостью и широкой применимостью [4, 5].

Существующие программные продукты общего назначения, используемые для решения задачи составления оптимального рациона питания, не предоставляют пользователю инструменты для задания настроек и параметров в соответствии с конкретной предметной областью, а также создания специализированных баз данных, что требует вводить исходные данные для решения задачи вручную. В свою очередь, специализированное программное обеспечение, несмотря на свою функциональность, требует предварительного составления типовых меню, а также является достаточно дорогостоящим в приобретении и сопровождении.

Проведенный анализ существующих программных продуктов свидетельствует об актуальности разработки информационной системы для поддержки принятия решений врача-диетолога в области составления оптимального рациона питания пациента с использованием симплекс-метода линейного программирования. Следующим этапом работы является создание собственного проекта такой информационной системы.

#### *Список литературы*

1. Тутельян В.А., Вялков А.И., Разумов А.Н., Михайлов В.И., Москаленко К.А., Одинец А.Г., Сбежнева В.Г., Сергеев В.Н. Научные основы здорового питания: – М.: Издательский дом «Панорама», 2010. – 816 с.
2. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации «О мерах по совершенствованию лечебного питания в лечебно-профилактических учреждениях Российской Федерации» от 05.08.2003 №330. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901871304>
3. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи населению по профилю «диетология» от 15.11.2012 №920н. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902385271>
4. Исследование операций в экономике: Учеб. пособие для вузов / Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко, И.М. Тришин, М.Н. Фридман; Под. ред. проф. Н.Ш. Кремера. – М.: ЮНИТИ, 2005. – 407 с.
5. Семахин А.М. Линейное программирование в моделировании информационных систем: учебное пособие. – Курган: Изд-во КГУ, 2016. – 68 с.

---

Седых А.Н.

### **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАФИКА НА МОРСКИХ АКВАТОРИЯХ**

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – старший преподаватель Ю.С. Иваненко

Навигационная безопасность и ее обеспечение является основной проблемой, которая решается при эксплуатации морских судов.

Одним из важнейших показателей, определяющих навигационную безопасность движения на акватории, является интенсивность движения. При её высоком значении необходимо тщательно изучить существующие схемы движения судов для предоставления судоводителям соответствующих

технических средств, обеспечивающих поддержку принятия решений в сложной навигационной обстановке. Одним из самых оптимальных путей для оценки интенсивности движения или других свойств трафика акватории, является использование данных автоматической идентификационной системы (АИС).

В настоящее время существует солидный арсенал математических методов для решения задач организации движения различного транспорта, но обеспечение безопасности движения судов на основе чисто формальных представлений вряд ли возможно. Причина этого состоит в значительной доле неформальных положений, используемых в судоводительской практике, обусловленных личным и коллективным профессиональным опытом разрешения опасных навигационных ситуаций в различных внешних условиях (погода, время суток, менталитет и т. д.).

Моделирование движения судов, позволяет оценить работу алгоритмов в типичных ситуациях [1].

Следовательно, актуальным является анализ и использование данных о движении судов на конкретной акватории как базы знаний, отражающих её специфику. Это, в свою очередь, требует создания соответствующих модельных представлений, методов и алгоритмов решения задач поддержки принятия решений. Также должны быть получены и обработаны данные о движении судов на акватории, а затем использованы для вывода на интерактивную карту (например OpenStreetMap).

Обработка набора данных происходит в несколько этапов. На первом этапе необходимо описать ситуации, с учетом полученных характеристик, таких как: сильное или слабое течение воды, категория судна, скорость движения, трафик акватории. На втором этапе нужно обработать данные с учетом описанных выше характеристик. Для этого был выбран метод кластеризации сгустками. С точки зрения задач навигационной безопасности целесообразной является кластеризация траекторий второго типа, поскольку она дает возможность определять характерные значения курсов и скоростей на том или ином участке акватории и оценивать близость параметров движения судна к рекомендуемым [2].

На заключительном этапе обработанные данные будут представлены на интерактивной карте.

На рисунке 1 представлен пример визуализации обработанных данных о траектории движения судна между двумя портами без учета характеристик.

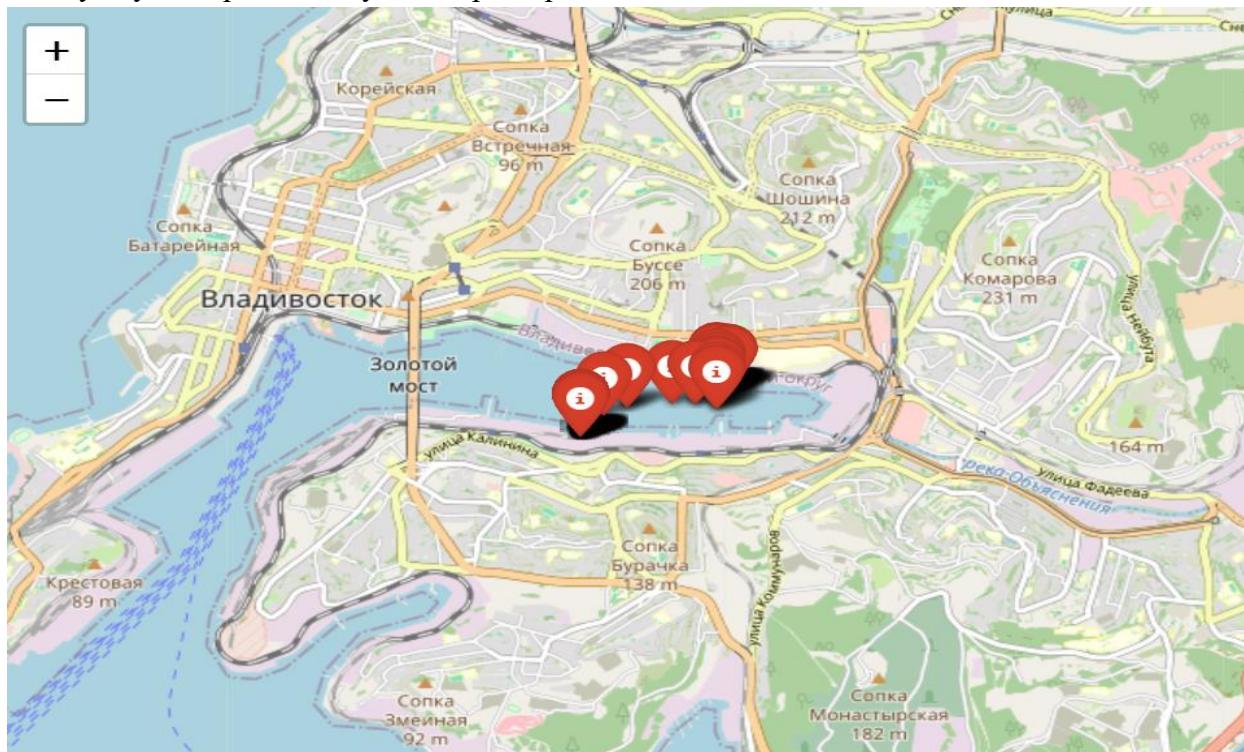


Рисунок 1 – Пример обработанных данных

Характеристики акватории будут существенно влиять на построение траекторий движения. Например, скорость течения существенно влияет на управление судном, ускоряя и замедляя его при движении соответственно по направлению и против направления движения воды. Поэтому суда для минимизации рисков склонны обходить течения, что в свою очередь влияет на увеличение интенсивности трафика на безопасном участке акватории.

В дальнейшем вышеописанные характеристики будут учтены и представлены на карте.

#### *Список литературы*

1. Головченко Б. С., Гриняк В. М. Информационная система сбора данных трафика морской акватории // Научно-техническая информация. – 2014. – № 2. – С. 1-28.
2. Иваненко Ю. С. Анализ методов и задач обработки ретроспективных данных о движении судов. Выпускная научно-квалификационная работа (диссертация) ДВФУ. 2021. С. 68-76.

---

Сидельникова М.П., Хмелевский Е.Д.

### **МЕТОДЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ АСПЕКТНЫХ ТЕРМИНОВ**

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ  
Научный руководитель – к.т.н., доцент С.Н. Остроухова

В условиях большого объема информации становится необходимым автоматическое фильтрование текстов с помощью алгоритмов. Одним из возможных подходов к выделению смысла текста и оценке его релевантности является задача извлечения ключевых слов. Суть заключается в выявлении наиболее важных слов или фраз, отражающих основную тему текста.

Одним из методов извлечения ключевых слов является аспектный подход. Аспектный подход представляет собой выбор одной грани проблемы по принципу актуальности или по принципу учета ресурсов, выделенных на исследование [1].

Аспектный термин - последовательность слов, относящихся к заданному аспекту объекта. Аспектный термин извлекается из текста [2]. Предположим, что существует диалоговый интерфейс, к которому обращаются студенты со своими запросами насчёт промежуточной аттестации. Благодаря аспектному анализу перед поиском информации по заданному запросу рассматривается не только запрашиваемая сущность, но и её аспекты. Под аспектом понимаются атрибуты качества и свойства, характеризующие анализируемую сущность. Для приведённого примера могут быть выделены такие аспекты, как: аттестация, учебный план, зачёт.

Методы извлечения аспектных терминов можно классифицировать по подходам, на которых они основываются:

- Статистический
- Лингвистический
- Машинное обучение

**Статистический подход** рассматривает задачу извлечения аспектных терминов как задачу извлечения слов и словосочетаний, статистически значимых. По данным 60-70% аспектных терминов являются именными группами, поэтому методы данного подхода в первую очередь считают терминами существительные и именные словосочетания [3].

Данный подход прост в реализации, способен адаптироваться под разные контексты, а также способен быстро обрабатывать большие объёмы данных. Однако для достижения хороших результатов

необходим большой объем данных. Помимо этого, подход плохо понимает многозначность слов и выражений, а также вынуждает использовать только качественные данные.

Основная идея **лингвистического подхода** - учет синтаксической структуры аспектных терминов и особенностей их употребления в тексте [3]. Они формализуются в шаблоны для поиска аналогов в текстах. Однако, такой подход требует вычислительных ресурсов и может столкнуться с проблемой интерпретации нестандартной лексики или сленга.

**Машинное обучение.** Выделение аспектов можно рассматривать как проблему классификации слов и словосочетаний на два класса: аспект и неаспект. В качестве признаков, на основе которых происходит классификация, обычно используют лингвистические (положение в предложении, часть речи, близость к оценочным словам и т.д.) и статистические характеристики слов, такие как частотность и значение [3].

Такой подход включает в себя плюсы двух предыдущих подходов, однако, требует предварительной разметки данных и большой вычислительной мощности.

Для дальнейших экспериментов был выбран статистический подход как наиболее стабильный и быстрый.

Типичный метод статистического подхода обычно содержит следующие шаги:

1. Выявление в тексте существительных и именных словосочетаний.
2. Вычисление для них статистической характеристики.
3. Отбор именных словосочетаний, значение статистической характеристики у которых выше заданного порога.

Были проанализированы три алгоритма статистического подхода (TF-IDF, Yake, TextRank) на таких текстах, как сказки, условия ипотечного кредитования в банке и “Положение о текущем контроле успеваемости”.

В результате были сделаны следующие выводы для “Положения о текущем контроле успеваемости”. Текст содержал 3500 слов каждый алгоритм должен был выделить 100 слов, после анализа полученных слов был сделан вывод, что под аспектные термины подходят 18 слов в алгоритме TF-IDF, 12 слов в Yake, 13 слов и 20 пар слов в TextRank (рисунок 1). Алгоритм TF-IDF выделяет только по одному слову, были заданы существительные. Yake выделяет термины в зависимости от заданной ему длины (в нашем случае 3). Модифицированный TextRank в отличие от других алгоритмов выделяет существительные и прилагательные, а также строит из них связанные словосочетания. TextRank требует наличие больших вычислительных мощностей чем другие алгоритмы этого подхода, но всё меньше, чем машинное обучение.

TF-IDF	YAKE	TEXTRANK	
18	12	13	20
аттестация	<i>повторный промежуточный аттестация</i>	аттестация	<i>промежуточный аттестация</i>
экзамен	<i>администратор образовательный программа</i>	программа	<i>учебный план</i>
программа	реализация учебный процесс	дисциплина	<i>образовательный программа</i>
зачёт	текущий контроль	план	<i>академический задолженность</i>
дисциплина	индивидуальный срок промежуточный	контроль	<i>аттестационный ведомость</i>
задолженность	самостоятельный работа обучаться	преподаватель	<i>аттестация повторный</i>
график	рабочий программа дисциплина	успеваемость	<i>текущий контроль</i>
преподаватель	проведение текущий контроль	экзамен	<i>успеваемость контроль</i>

Рисунок 1 – Результаты экспериментов алгоритмов статистического подхода

В данной работе было проведено исследование методов извлечения аспектных терминов для задачи анализа текстов на русском языке. Рассмотрены существующие подходы извлечения аспектных терминов и проведён их анализ.

Таким образом, при проектировании диалоговых интерфейсов наличие подобных подходов поможет выделить тематики из запроса, в контексте которых ведётся разговор.

#### *Список литературы*

1. Ванюшкин А.С., Гращенко Л.А. Методы и алгоритмы извлечению ключевых слов [Электронный источник] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-i-algoritmy-izvlecheniya-klyuchevykh-slov>
2. Больщакова Е.И., Воронцов К.В., Ефремова Н.Э. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и анализ данных // Изд-во НИУ ВШЭ, 2017 – 269 с.
3. Рой Д.А., Ефремова Н.Э. Методы извлечения аспектных терминов из мнений [Электронный источник] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-izvlecheniya-aspeknih-terminov-iz-mneniy>.

---

Сидоров Е.А.

## **РАЗРАБОТКА КОНТЕНТНОЙ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ОПИСАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТИ**

Департамент информационных и компьютерных систем ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент В.Н. Достовалов

В настоящее время в интернете существует огромное количество онлайн-сервисов, предоставляющих пользователям различные товары и услуги. Для оказания пользователям помощи в

выборе тех товаров и услуг, которые необходимы именно им, были разработаны рекомендательные системы.

Рекомендательная система – это комплекс алгоритмов, программ и сервисов, задача которого предсказать, что может заинтересовать пользователя. Основная цель рекомендательной системы – уменьшить затраты сил и времени пользователя на поиск подходящей информации в интернете [1].

В рекомендательных системах на основе контента все продукты объединяются в различные группы на основе их свойств или описания. Например, для книг свойствами могут быть жанр, автор, издатель и т. п., для фильма – жанр, актеры, режиссер и т. п. Когда пользователь высоко оценивает какой-либо товар, то другие товары, находящиеся в тех же группах объединяются и образуют профиль данного конкретного пользователя [2].

Целью данной работы является создание контентной рекомендательной системы телевизионных передач.

В качестве контента созданная система использует текстовое описание передач, которые преобразуются в векторы слов (word vectors). Векторы слов – это представления слов виде числовых векторов [3]. Для формирования векторов в данной системе используется нейросеть, потому что такой подход обладает рядом преимуществ перед такими классическими алгоритмами анализа текста как TF-IDF и LSA.

Некоторые преимущества анализа текста с использованием нейросетей:

- более точное понимание смысла – нейросети способны понимать контекст и семантику текста, что позволяет им выявлять взаимосвязи между словами;
- обработка сложных текстов – нейросети могут работать с текстами, которые содержат сленг, идиомы, метафоры и другие неформальные элементы;
- доступность – в настоящее время существуют облачные сервисы (например, huggingface [4]), которые бесплатно предоставляют доступ к нейросетям, обученным на больших корпусах слов.

Для генерации векторов слов использовалась модель «paraphrase-multilingual-MiniLM-L12-v2» [5], так как в тесте производительности она показала наилучшие результаты среди моделей, поддерживающих русский язык [6].

После генерации векторов передач формируются векторы пользователей, которые получаются путём усреднения векторов передач, просмотренных каждым пользователем. Затем для векторов пользователей находятся наиболее близкие им по косинусному расстоянию. Эти наиболее близкие передачи являются рекомендациями.

Использование нейронных сетей в рекомендательной системе может позволить улучшить качество рекомендаций, что положительно скажется на пользовательском опыте и популярности сервиса, использующего рекомендательную систему.

#### *Список литературы:*

1. Falk K. Practical Recommender Systems. - Shelter Island: Manning, 2019. - 406 c.
2. Deepjyoti R. Mala D., A systematic review and research perspective on recommender systems // Journal of Big Data. – 2022 [Электронный ресурс] – URL: <https://journalofbigdata.springeropen.com/articles/10.1186/s40537-022-00592-5>
3. Hobson L., Cole H., Hannes M.H. – Shelter Island: Manning, 2019. – 512 c.
4. Huggingface – The AI community building the future [Электронный ресурс] – URL: <https://huggingface.co/> (дата обращения: 27.03.2024)

5. sentence-transformers/paraphrase-multilingual-MiniLM-L12-v2 Hugging Face [Электронный ресурс] – URL: <https://huggingface.co/sentence-transformers/paraphrase-multilingual-MiniLM-L12-v2> (дата обращения: 29.03.2024)

6. SBERT.net Models [Электронный ресурс] – URL: [https://www.sbert.net/\\_static/html/models\\_en\\_sentence\\_embeddings.html](https://www.sbert.net/_static/html/models_en_sentence_embeddings.html) (дата обращения: 29.03.2024)

---

Сидорова С.В.

## ИНТЕРАКТИВНАЯ КАРТА КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОДВИЖЕНИЯ БИБЛИОТЕК В ИНТЕРНЕТ ПРОСТРАНСТВЕ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМИКТ ДВФУ

Научный руководитель - д.т.н., профессор И.Л. Артемьева

Непрерывное развитие информационных технологий приводит к необходимости адаптировать деятельность разных учреждений относительно современного состояния ИТ. Такой адаптацией и постоянным расширением сферы применения информационных технологий в своей рабочей деятельности занимаются и библиотеки. Они внедряют разные сервисы для своих пользователей с целью улучшения их обслуживания. Одним из направлений в данной сфере является продвижение библиотеки в сети Интернет [1].

Основой для данного продвижения является сайт библиотеки, однако успешность продвижения достигается за счёт механизмов интеграции с разными сервисами, которые доступны в сети Интернет. Одним из таких сервисов выступают интерактивные карты успешное их применение в деятельности библиотеки позволяет приблизить её до конечного пользователя (читателя) тем самым способствуя повышению интереса к услугам библиотек их популяризации, что является одной из приоритетных задач в библиотечном деле.

Необходимо обозначить, что интерактивная карта – это электронная карта, представляющая собой визуальную информационную систему, работающую в режиме двухстороннего диалогового взаимодействия пользователя и компьютера [2].

Исходя из этого можно предположить, что успешность представления конкретной библиотеки либо ряда библиотек через какой-либо сервис интерактивных карт будет зависеть относительно того насколько востребованная для пользователя окажется информация, которая будет представлена при реализации библиотечного сервиса с применением возможностей интерактивной карты.

В свою очередь в силу того, что деятельность разных библиотек имеет существенные отличия, в том числе в плане приоритетного обслуживания разных категорий пользователей выбор какой именно должна быть информация о библиотеке представленная в интерактивной карте будет иметь ключевое значение относительно того насколько востребован будет данный сервис среди пользователей библиотеки.

Поэтому реализовывая прототип такого сервиса мы отталкиваемся от тех категорий пользователей на которых в первую очередь ориентирована библиотека.

В заключение можем сказать, что успешная ориентированная на приоритетного пользователя библиотеки интерактивная карта становится удобным и эффективным инструментом в продвижении библиотеки в Интернет пространстве о чём свидетельствует активный интерес к данной технологии как со стороны библиотек, так и со стороны пользователей.

### *Список литературы*

1. «Об утверждении Стратегии развития библиотечного дела на период до 2030 года»: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13 марта 2021 года

2. Карпушина Д.Д. Интерактивная карта как визуальная информационная система предоставления информации / Д.Д. Карпушина, А. Г. Янишевская // Информационные технологии в науке и производстве. – Омск: Омский государственный технический университет, 2017. – С. 102 – 107.

---

Старцев Д.А.

### **ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ, ОСНОВАННЫХ НА МНОГОУРОВНЕВЫХ МОДЕЛЯХ**

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель - д.т.н., профессор И.Л. Артемьева

Как хранить и обрабатывать знания в информационных системах формальным способом так, чтобы машины могли использовать их для достижения поставленных задач? Так звучит вопрос о представлении знаний, возникший ещё в середине прошлого столетия. На данный момент существует несколько решений данной проблемы, одно из которых это представления знаний с помощью искусственного языка, основанного на логике и математике, с легко читаемой грамматикой для облегчения машинной разработки. Часть таких языков позволяет также формально представлять онтологию области, на основе которых создаются специальные информационные системы. Инструментальная система поможет ускорять разработку таких информационных систем.

В процессе описания предметной области важную роль играет описание знаний на формализованном языке, предназначенном для воспроизведения логических форм контекстов естественного языка, а также для выражения законов и способов правильных рассуждений в логических теориях, строящихся в данном языке. Описание предметной области на большинстве систем не предполагает задание знаний путем формализованных языков, что в значительной мере ограничивает полноту описанных знаний.

Существует множество систем, позволяющих описывать предметные области, однако нет систем, позволяющих пользователю описывать сложно структурированные модели предметных областей для формализации научных знаний. Для этого система должно удовлетворять перечню критериев. Были рассмотрены существующие инструментальные системы [1-7], результаты анализа приведены в таблице.

Таблица

Результаты анализа существующих решений

Функции	Protégé	OntoStudio	PoolParty	TopBraid Composer	SWOOP	OntoEdit	IACPaaS
Возможность задания знаний на формализованном языке	+	+	+	+	+	+	+
Широкий подход к описанию знаний	-	-	+	+	-	-	-
Поддержка многоуровневых знаний	Иерархические модели	Два уровня					

Поддержка многомодульных знаний	+	+	+	+	-	+	+
Многопользовательский доступ к проектам	+	+	+	+	+	+	+
Поддержка основного функционала в бесплатных версиях	+	+	-	-	+	-	+
Поддержка хранения проектов	+	+	+	+	+	+	+
Управления версиями	+	+	+	+	+/-	+	+
Импорт/экспорт онтологий	+	+	+	+	+	+	+
Русскоязычный интерфейс	-	-	-	-	-	-	+
Представление онтологий и знаний на логическом языке	-	-	-	-	-	-	-

Все рассмотренные системы обладают теми или иными недостатками. На основе этого было принято решение разработать более совершенную инструментальную систему.

#### *Список литературы*

1. Свободный, открытый редактор онтологий и фреймворк для построения баз знаний “Protégé” [Электронный источник] – URL: <https://protege.stanford.edu/>
2. Сайт “SoftPedia” [Электронный источник] – URL: <https://www.softpedia.com/get/Science-CAD/OntoStudio.shtml>
3. Программное обеспечение для управления знаниями “PoolParty” [Электронный ресурс] – URL: <https://www.poolparty.biz/>
4. Интегрированная среда для создания и управления семантическими технологиями “TopBraid Composer” [Электронный ресурс] – URL: <https://topbraidcomposer.org/html/>
5. Онлайн-редактор онтологий “SWOOP” [Электронный источник] – URL: <https://www.softpedia.com/get/Internet/Other-Internet-Related/MIND-lab-SWOOP.shtml>
6. Интегрированная среда для создания и управления онтологиями “OntoEdit” [Электронный источник] – URL: <https://gerontology-explorer.narod.ru/5ba7e2cf-4d1e-498b-a1f5-9b6d15d6e67d.html>
7. Облачная платформа “IACPaaS” [Электронный ресурс] – URL: <https://iacpaa.s.dvo.ru>

Стрелов Г. С.<sup>1</sup>

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ДЕФЕКТОВ У СНИМКОВ СПУТНИКА «ФЭНЬЮНЬ-3Д»

<sup>1</sup>Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

<sup>2</sup>Департамент математического и компьютерного моделирования ИМиКТ ДВФУ

<sup>2</sup>Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН

Научный руководитель - д.т.н., профессор А.И. Алексанин<sup>2</sup>

«Фэньюнь-3Д» (также FY-3D) – китайский метеорологический спутник, имеющий на борту радиометр MERSI-II, делающий снимки поверхности Земли в 19 видимых каналах. Данный радиометр схож с радиометрами спутников Aqua, Terra, Envisat, JPSS01, однако он не добавлен в пакеты программ построения тематических продуктов. Данные с видимых каналов используются для изучения вегетационного индекса, движения льдов, облаков и т. д. В ходе работы у снимков спутника было выявлено несколько дефектов, и была проведена работа по их исправлению.

Цель работы – разработать программную систему, которая позволит исследовать дефекты датчиков радиометра и построить модель коррекции измерений для проведения абсолютной калибровки по данным AERONET станций.

### Используемые данные

Использовались данные со 119 снимков, полученных за 2020–2023 годы. На изображениях были выбраны 2703 площадок однородных по яркости. Использовались площадки размером 100Х10 пикселей. Первая строка длиной 100 пикселей относилась к первому датчику канала, последняя к десятому. Анализировались 15 спектральных каналов, у которых функции спектральной чувствительности были минимальной ширины. Нужно было найти закономерности отклонений поведения конкретного датчика каждого канала от средних величин площадок и построить модели коррекции показаний датчиков. То есть построить 150 моделей (15 каналов X 10 датчиков в каждом канале). Анализировались также площадки, когда сигнал, регистрируемый спутником, резко менялся. Для этого было выбрано 13 площадок, когда на изображении присутствовала как вода (слабый сигнал), так и лед (площадки, хорошо отражающие солнечный свет). Создано программное обеспечение автоматического поиска однородных площадок и средства построения моделей коррекции показаний датчиков.

### Результаты работы

Были выявлены, проанализированы и построены модели коррекции следующих дефектов датчиков радиометра: полосатость изображений, обусловленных неоднородностью показаний датчиков; взаимное влияние измерений соседних датчиков, влияние предшествующих значений показаний датчика на текущее (для некоторых датчиков некоторых каналов) и изменчивость показаний датчиков со временем.

Спутник формирует спектральные каналы, используя 10 датчиков [1]. С годами чувствительность датчиков упала, но не одинаково, вследствие чего на снимках различается полосатость (Рис. 2), т. е. систематическое отклонение значения яркости датчиков от истинного значения. Основываясь на предположении, что данные отклонения линейно зависят от яркости пикселя, была построена линейная регрессия на данных зависимости отклонений датчиков от яркости, полученных из 2703 однородных областей на снимках 2023 года (Рис. 1).

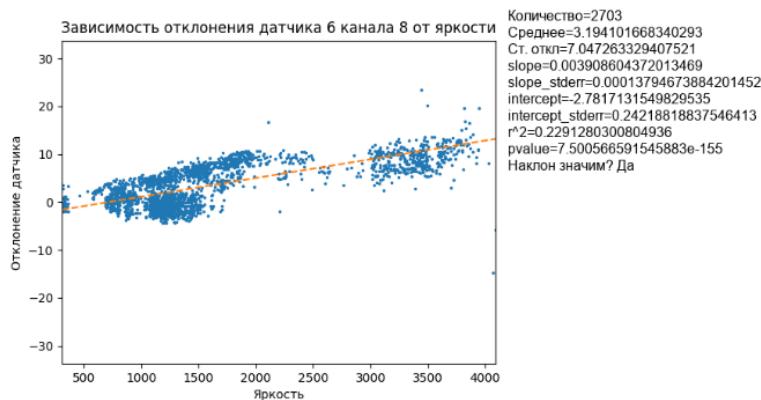


Рисунок 1 – Зависимость отклонения датчика от яркости

Полученные линейные коэффициенты затем были применены при фильтрации реальных снимков, чтобы избавиться от большей части полосатости (Рис. 2).

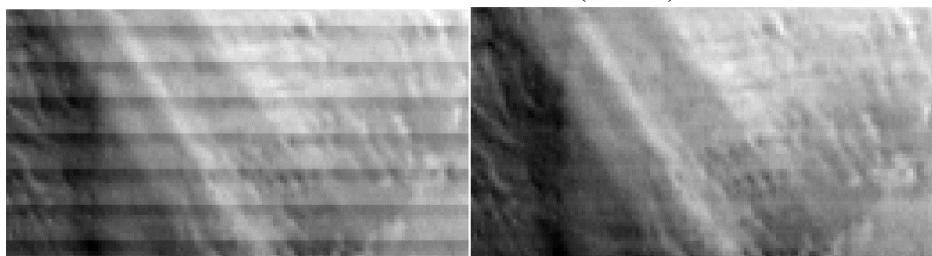


Рисунок 2 – Результаты исправления полосатости.

Слева – часть снимка до фильтрации, справа – после

Помимо полосатости дефекты были также обнаружены в областях резкого перехода с тёмные на яркие значения, например, переход с тёмной воды на яркий лёд. Причём характер этих дефектов варьируется в зависимости от канала, что обусловлено различающейся физикой групп датчиков у различных каналов.

Например, на каналах 8–11 датчики влияют друг на друга, внося шум. Это приводит к тому, что яркость датчика может резко подскочить, когда возрастает яркость его соседа (Рис. 4). Для исправления данного дефекта была построена модель влияния датчиков друг на друга и с помощью неё были получены коэффициенты, говорящие как сильно датчики влияют друг на друга. Используя созданную модель и полученные коэффициенты, от дефектов в основном удалось избавиться (Рис. 3).



Рисунок 3 – Исправление дефектов в областях резкого возрастания яркости.

Слева – область снимка до фильтрации, справа – после

Следующий шаг – калибровка с наземными станциями AERONET. Для этого была уточнена географическая привязка снимков спутника, автоматически отобраны не зашумлённые данные со станций и получены данные со спутника в том же местоположении, где находятся станции. Полученные значения со спутника и станций накоплены для уточнения моделей коррекции и последующего проведения абсолютной калибровки.

## **Вывод**

Цель по получению калибровочных функций можно считать выполненной. У снимков спутника были обнаружены дефекты и построены модели их коррекции. Тем не менее, полученные калибровочные коэффициенты ещё предстоит уточнить, так как на данный момент они строились по данным, которые можно лишь условно считать однородными площадками.

## *Список литературы*

1.Fengyun 3 (02 batch) meteorological satellite ground application system engineering satellite medium resolution spectral imager. Data usage guide [Электронный источник] – URL: [https://img.nsmc.org.cn/PORTAL/NSMC/DATASERVICE/SRF/FY3D/FY3D\\_MERSI\\_SRF\\_Pub-V2.1-201902.pdf](https://img.nsmc.org.cn/PORTAL/NSMC/DATASERVICE/SRF/FY3D/FY3D_MERSI_SRF_Pub-V2.1-201902.pdf)

---

Стрельцов А.Р., Грац В.С., Мачкасов Д.А.

## **СИСТЕМА ТЕСТИРОВАНИЯ УЧАЩИХСЯ НА ПОНИМАНИЕ АЛГОРИТМОВ**

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – к.т.н., доцент С.Н. Остроухова

Необходимость внедрения систем компьютерного тестирования диктуется введением с 2004 года обязательной процедуры тестирования оценки качества подготовки студентов по дисциплинам федерального компонента при аттестационной экспертизе вузов министерством науки и образования РФ.

Учебные планы образовательных программ по подготовке профессионалов в сфере информационных технологий содержат большой блок дисциплин, связанных с изучением различных алгоритмов и структур данных. Способность студентов понимать алгоритмы, записанные с использованием формальных или неформальных языков, а также умение применять их для решения практических задач является важной составляющей в формировании профессиональных компетенций.

Был проведен анализ технологий автоматизированного создания и публикации тестовых заданий [2] и существующих инструментов контроля знаний обучаемых (KTC Net, INDIGO, MOODLE, VeralTest, SunRav TestOffice Pro).

Технологии автоматизированного создания тестовых заданий базируются на различных методах генерации тестовых заданий:

- генерация на основе шаблонов основана на создании структуры задачи (шаблона), которая может быть заполнена различными данными;
- генерация с использованием семантических сетей заключается в генерации тестовых вопросов на основе базы знаний (БЗ), составляемой экспертом;
- генерация, основанная на формальных грамматиках, исходной информацией для построения теста является база знаний предметной области, представленная множеством формальных грамматик, описывающих множество правил вывода тестовых заданий;
- и другие. [2]

Значительная часть платформ тестирования в области алгоритмов предоставляет возможность создания или проведения тестирования с выбором вариантов ответа, по которым нельзя как следует оценить понимание алгоритмов тестируемым. Однако стоит отметить, что в большинстве существующих систем тестирования можно удобно и быстро генерировать новые задания, чего часто

не хватает в ресурсах, где используются другие методы проведения тестирования. Хотя они и позволяют лучше оценить знания тестируемого, тестовые задания обычно приходится генерировать вручную, а это трудоёмкий процесс, особенно когда необходимо составить множество вариантов теста; такие ограничения платформ для тестирования не реализуют принцип фасетности содержания задания [1], который является основополагающим фактором генерации множества однотипных задач в системе тестирования; не реализуют и оценку качества задач, которые задаёт преподаватель – метод оценки задач позволит обратить внимание преподавателя на задание с неправильно составленным содержанием или на такое задание, сложность решения которого очень высока для испытуемых. Также большинство существующих систем тестирования не обладают интерактивным функционалом, который позволил бы преподавателю и испытуемым работать с алгоритмической формой задач, а именно – проверять с помощью встроенных интерпретаторов кода ход решения алгоритмической задачи и алгоритмическую сложность каждого шага программы.

В связи с этим появилась необходимость в создании более эффективной системы тестирования учащихся на понимание алгоритмов. В этой системе будет предусмотрена автоматическая генерация тестов; такие методы тестирования, которые позволяют лучше оценить качества знаний тестируемого; методы задания алгоритмов и процедуры оценки качества заданных тестов. Система тестирования учащихся на понимание алгоритмов позволит свести к минимуму процесс угадывания ответа [2] благодаря переходу от формы заданий с выбором ответов к алгоритмической форме задач.

Существующие системы компьютерного тестирования могут предоставить только тесты, которые позволяют проверить только теоретические знания студента об алгоритмах, например: оценку сложности алгоритма, результат работы алгоритма на заданном наборе входных данных, характерные особенности алгоритма и т.п.

#### *Список литературы*

1. Майоров А.Н. Теория и практика создания тестов для системы образования : Как выбирать, создавать и использовать тесты для целей — М.: Интеллект-центр, 2001. - 296 с.
2. Романенко В. В. Обзор технологий автоматизированного создания и публикации тестовых заданий в системах дистанционного обучения // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине : сборник научных трудов IV Международной научной конференции, 5-8 декабря 2017 г., Томск : в 2 ч. — Томск : Изд-во ТПУ, 2017. — Ч. 1. — С. 317-321.

---

Тимерханов Р.А.

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ  
СТРУКТУРИРОВАННЫХ ДАННЫХ ИЗ ТЕКСТОВЫХ ПРОТОКОЛОВ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ**  
Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМИКТ ДВФУ  
Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. Лаборатории интеллектуальных систем  
им. А.С. Клещева ИАПУ ДВО РАН В.А. Тимченко

В настоящее время аддитивные способы изготовления металлических деталей уже хорошо зарекомендовали себя в качестве революционной технологии цифрового производства. Их применение в высокотехнологичных отраслях производства позволяет создавать, восстанавливать, а также

функционально модифицировать изделия, практически не накладывая ограничений на сложность их геометрии.

Однако существуют препятствия, связанные со сложностью процесса производства, которые будут серьезно затруднять реализацию стратегии развития рынка аддитивных технологий.

Наличие таких препятствий обуславливает актуальность создания программно-информационного комплекса интеллектуальной поддержки принятия решений для инженеров-технологов лазерного аддитивного производства (ЛАП). Данный комплекс позволил бы сократить число ошибок, совершаемых на этапе планирования технологической операции (ТО).

Для этого комплекса необходимо множество протоколов технологической операции в структурированном виде, а на данный момент для этого необходим долгий ручной труд.

В связи с этим актуальной является разработка программного инструмента для извлечения и структуризации данных из текстовых протоколов ТО лазерной обработки материалов, что и является конечной целью работы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи.

1. Проанализировать существующие подходы и доступные средства для извлечения структурированных данных из текста и выбрать наиболее подходящий инструмент.

2. Проанализировать множество протоколов ТО, в частности, содержащиеся в них сведения, важные для работы с технологическим оборудованием и материалами, провести сравнение их структуры, выявить закономерности, построить обобщенную модель протокола ТО лазерной обработки материалов.

3. С использованием выбранного инструмента научиться извлекать сведения (факты) о выполненной и запротоколированной технологической операции на основе обобщенной модели.

4. Реализовать программные средства для занесения выделенных фактов в структурированное хранилище – архив оцифрованных протоколов ТО лазерной обработки.

Обработка естественного языка (Natural Language Processing, NLP) – это область исследований в компьютерной (математической) лингвистике и искусственном интеллекте (ИИ), изучающая проблемы анализа и синтеза (генерации) текстов на естественных языках.

Попытки справиться с этой проблемой привели к развитию направления в компьютерной лингвистике, получившего название Information Extraction (IE, извлечение данных). Основной задачей этого направления является автоматическое экстрагирование значимых данных, как правило, из большого массива текстов, и преобразование их в структурированную форму, что облегчает их последующую обработку и анализ.

Для решения задач распознавания и извлечения информации из текстов используются два главных подхода: основанный на правилах (rule-based) и основанный на машинном обучении (machine learning).

Было проведено сравнение двух подходов к обработке текстов и девяти инструментов обработки текстов на русском языке. Проведённое сравнение позволило определить, что инструменты, реализующие основанный на правилах подход, и, в частности, «Yargy-парсер», лучше подходят в качестве вспомогательного для разработки программного инструмента для извлечения структурированных данных из протоколов технологических операций.

Также было проанализировано множество протоколов ТО, в частности, содержащиеся в них важные сведения по технологической операции, проведено сравнение их структуры, выявлены закономерности, построена обобщенная модель разделов протокола ТО лазерной обработки.

Формирование архива протоколов ТО лазерной обработки с использованием инструмента для извлечения структурированных данных из протоколов ТО будет выглядеть, как показано на рис. 1.

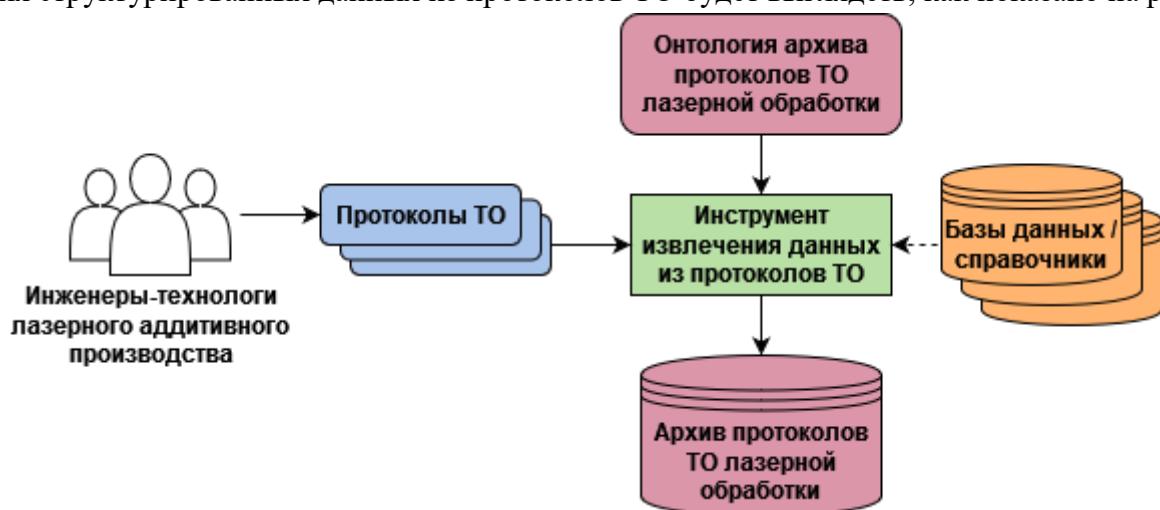


Рисунок 1 – Формирование архива протоколов ТО лазерной обработки с использованием инструмента извлечения данных из протоколов ТО

---

Федоров А.М., Корогод Д.А.

## ПРИМЕНЕНИЕ UX-ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ИГРОВОГО МОДУЛЯ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМИКТ ДВФУ

Научный руководитель – ассистент А.А. Бураков

Игровая графика, дизайн уровней, анимации и другие составляющие игр – субъективные вещи, по-разному оцениваемые специалистами. Однако интерфейс – объективная величина, поскольку интерфейс имеет устоявшиеся правила оценки, не основанные на субъективном опыте, и неудачная реализация интерфейса может оставить негативный опыт у игрока. Существуют такие аспекты создания интерфейса в играх, как: работа с UX, стилистикой, логичностью, эргономичностью, логичностью и прочее. [1].

UX (user experience) – опыт, полученный пользователем при взаимодействии с продуктом. [2]. В случае игр пользователь выделяет определённые UX-паттерны из похожего жанра, такие как игровые механики, дизайн и прочее, и привыкает к ним, ожидая такие же механики и интерфейс в будущих подобных продуктах. UX-редактору следовать основным правилам UX-проектирования: предсказуемая навигация, простой интерфейс, не переполненный действиями, дифференциация кнопок взаимодействия и другие. [2].

UX непосредственно влияет на арт-дизайн игр, поскольку именно игровой опыт пользователя задаёт начальный вектор стилизации. Задача художника на этапе UX-проектирования игры заключается в понимании существующих стилей, тогда как программист и проектировщик должны направлять художника в зависимости от сложности реализации игры и имеющихся у команды средств. Для этого необходимо анализировать рынок и следить за новыми проектами.

Командой программистов Департамента программной инженерии и искусственного интеллекта ИМИКТ ДВФУ ведётся разработка web-игры для игровой обучающей системы по дисциплине «Теория

игр». В процессе разработки анализ обучающих систем показал, что целевой аудиторией большинства систем являются пользователи любого возраста и ни одна из систем не имеет в себе игрового модуля. Проблема реализации игрового модуля состоит в том, чтобы спроектировать интерфейс, субъективно удовлетворяющий как пользователей с игровым опытом, так и без него. Поэтому необходимо использовать принципы UX-проектирования для реализации игрового модуля, удовлетворяющего целевую аудиторию и позволяющему тестировать знания обучающегося. Этапами UX-проектирования являются получение задачи, исследование и прототипирование. Первый этап пройден, второй этап разделим на две составляющих: анализ и выбор арт-дизайна, анализ и выбор игровых механик на основе выбранного арт-дизайна.

Первый этап исследования – это предпочтение аудитории в арт-дизайне. Необходимо учесть не только игровой опыт игроков, но и бюджет и время разработки проекта. Пиксельная графика лучше прочих подходит для арт-дизайна проекта, поскольку экономит ресурсы и время команды, а также не требует высокой компетенции художников. Данный арт-дизайн позволит сфокусировать внимание обучающегося на прохождении уровня, не перегружая его детализированным окружением. В силу переполненного рынка играми данного арт-дизайна целевая аудитория привыкла к такой графике, что является ещё одним достоинством выбора именно этого арт-дизайна. Такие варианты, как реализм, казуальная графика, воксельная графика и другие не подходят для реализации в силу своей трудоёмкости, затратности средств или небольшой целевой аудитории.

Второй этап исследования – анализ устоявшихся игровых механик пиксельных игр. Пиксельные игры зачастую не содержат в себе сложный геймплей, что хорошо оказывается на приток аудитории. Так как обучающийся может быть любого возраста, необходимо оставить в проекте только базовые механики, такие как передвижение, диалоги и интеракцию с объектами, а также получение нужной обучающемуся для прохождения игры информации при взаимодействии с определёнными объектами. Благодаря этому игрок любого возраста сможет играть, тестируя свои знания в предметной области.

Завершающий этап UX-проектирования – прототипирование. Целью игры является проверка знаний обучающегося, а потому следует создать эстетичный и минималистичный интерфейс. Поскольку игра имеет минимум игровых механик и пиксельную графику, из интерфейса следует оставить возможность просмотреть цель уровня и полученную в ходе прохождения информацию в виде двух кнопок в углу экрана, используя принцип дифференциации кнопок взаимодействия [2], тем самым также соблюдая принципы простоты интерфейса и предсказуемой навигации. Это позволит обучающемуся сфокусироваться на решении задачи уровня и в любой момент игры ознакомиться с задачей уровня и полученной информацией при нажатии соответствующей кнопки.

В настоящее время реализация игрового модуля обучающей системы по дисциплине «Теория игр» находится на этапе завершения прототипа с учётом принципов UX-проектирования.

#### *Список литературы*

1. Skillbox Media 5 принципов хорошего интерфейса в играх URL: [https://skillbox.ru/media/gamedev/5\\_prinzipov\\_khoroshego\\_interfeysa\\_v\\_igrakh/](https://skillbox.ru/media/gamedev/5_prinzipov_khoroshego_interfeysa_v_igrakh/);
2. Расс Унгер, Кэролайн Чендлер, «UX-дизайн. Практическое руководство по проектированию опыта взаимодействия», Санкт-Петербург – Москва, «Симво», 2011,;
3. DTF Игровой арт: базовые принципы URL: <https://dtf.ru/gamedev/5839-igrovoi-art-bazovye-principy>

Фролов А.А., Матюнин Е.Я.

## ПОДДЕРЖКА ВОВЛЕЧЁННОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ ONLINE-ОБРАЗОВАНИЯ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – к.т.н., доцент Г.П. Озерова

С развитием Интернета и технологий, связанных с ним, обучение на онлайн-платформах становится всё популярнее. На сегодняшний день существуют тысячи курсов, которые могут научить самым разным умениям – от вышивания крестиком до программирования искусственного интеллекта. Для достижения эффективного, полного и всеобъемлющего результата обучения, необходимо позаботиться о поддержании вовлечённости обучающихся в процесс изучения [1].

Тем не менее, быстро увеличивающаяся сложность информации в курсах и её объём не позволяют современным подходам в онлайн-обучении поддержать заинтересованность обучающихся до конца пути обучения – многие курсы так и остаются незаконченными. По статистике, обучающиеся в среднем проходят лишь от 5 до 15% контента, так и не освоив желаемый навык [2][3].

Интернет-платформы для онлайн-образования, а также онлайн-курсы справляются с проблемой вовлечённости пользователей разными способами:

1. Структурированный путь обучения: понятный, чёткий, неизменный и хорошо структурированный путь обучения помогает обучающимся лучше ориентироваться в предлагаемом наборе знаний, легко перемещаться на желаемые темы, а также освободиться от необходимости выбора последовательности получения знаний, следуя намеченному пути получения знаний. Таким образом, это позволяет пользователям онлайн-курсов и платформ электронного образования не отвлекаться на самостоятельное выстраивание плана обучения, сфокусировавшись на информационном материале курса и предлагаемых заданиях [4].

2. Демонстрация количественного прогресса: благодаря демонстрации прогресса в понятном виде (например, в процентах или в количестве решённых упражнений), пользователь онлайн-платформ может увидеть, сколько работы им уже было проделано, а сколько информации ещё предстоит узнать и пройти. Это полезно, поскольку пользователь может чувствовать необходимый объём времени на материал, а также мотивирует его [5].

3. Анализ статистики: оценка статистики помогает обучающимся выстраивать путь обучения, основываясь на том, как он справляется с материалом. На некоторых обучающих платформах это делается автоматически. Например, такие платформы, основываясь на статистике решения заданий, могут предлагать те упражнения, по темам которых у пользователя сервиса возникают сложности. Такой подход не только мотивирует, показывая сильные стороны, но и помогает усилить слабые.

4. Геймификация (англ. "game" - игра): встраивание в процесс обучения таких игровых элементов как игровая карта, система квестов и достижений обманывает мозг обучающегося, заставляя его думать, что он не учиться, а просто играет. Потерявшись в игровом процессе, он, незаметно для самого себя, запоминает информацию курса или осваивает новый навык [6][7].

Выберем наиболее популярные онлайн-платформы и проанализируем их с точки зрения перечисленных выше подходов по поддержке вовлечённости своих пользователей (см.табл.).

Таблица

Сравнение сервисов по подходам к поддержке вовлечённости обучающихся

	Структурированный путь обучения	Явный показ прогресса	Анализ статистики	Геймификация
Сдам ГИА	-/+	-/+	-	-
Examer	+	+/-	+/-	-/+
Duolingo	+	+/-	-/+	+
Clozemaster	-/+	-/+	-	-/+
Kahoot! Drops	+/-	+/-	-	+/-
Memrise	+/-	+/-	+	-/+

Анализ таблицы показывает, что одним из недостатков современных платформ для онлайн обучения является отсутствие элементов геймификации. Такие элементы непосредственно в играх вовлекают пользователя в процесс, являясь источником мотивации и желания продолжать игру. Это работает и в сфере обучения, поддерживая вовлечённость в процесс обучения и повышая шанс прохождения онлайн курса, следовательно, и качество обучения.

Представляется целесообразным разработать такую онлайн-платформу обучения, которая объединяла бы достоинства игровых сервисов и традиционных методов онлайн образования, что позволило бы решить проблему отсутствия вовлечённости обучающихся в процесс обучения.

*Список литературы*

1. Exploring the impact of gamification on student engagement and involvement with e-learning systems [Электронный источник] – URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10494820.2019.1623267>
2. Why the completion rate for online courses are so low [Электронный источник] – URL: <https://www.linkedin.com/pulse/why-completion-rate-online-courses-so-low-matthew-mason#:~:text=Various%20research%20has%20the%20percentage,full%20impact%20of%20the%20learning>
3. The MOOC pivot [Электронный источник] – URL: [https://www.researchgate.net/publication/330316898\\_The\\_MOOC\\_pivot?trk=article-srr-frontend-pulse\\_little-text-block](https://www.researchgate.net/publication/330316898_The_MOOC_pivot?trk=article-srr-frontend-pulse_little-text-block)
4. Learning Path Construction in e-Learning – What to Learn and How to Learn? [Электронный источник] – URL: <https://etheses.dur.ac.uk/3359/>
5. Assessment of Learner's Motivation In Web Based E-Learning [Электронный источник] – URL: [https://www.researchgate.net/profile/Nehad-T-Ramaha/publication/354777579\\_Assessment\\_of\\_Learner's\\_Motivation\\_In\\_Web\\_Based\\_E-Learning/links/614c2a4b3c6cb31069878f44/Assessment-of-Learners-Motivation-In-Web-Based-E-Learning.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Nehad-T-Ramaha/publication/354777579_Assessment_of_Learner's_Motivation_In_Web_Based_E-Learning/links/614c2a4b3c6cb31069878f44/Assessment-of-Learners-Motivation-In-Web-Based-E-Learning.pdf)
6. Statistical analysis for students in psychology and education [Электронный источник] – URL: <https://psycnet.apa.org/record/1946-02965-000>
7. Gamification in E-Learning: Introducing Gamified Design Elements into E-Learning Systems [Электронный источник] – URL: [https://www.researchgate.net/publication/303430512\\_Gamification\\_in\\_E-Learning\\_Introducing\\_Gamified\\_Design\\_Elements\\_into\\_E-Learning\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/303430512_Gamification_in_E-Learning_Introducing_Gamified_Design_Elements_into_E-Learning_Systems)

Хмелевский И.А.

## РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО АССИСТЕНТА НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ОБЛАСТИ ГЕНЕРАЦИИ МУЗЫКИ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – старший преподаватель О.А. Крестникова

Музыка, сочетающая в себе искусство и науку, всегда была неотъемлемой частью человеческой культуры. Она влияет на эмоциональное состояние, когнитивные процессы и является мощным средством передачи информации. Новые технологии позволяют создавать, записывать, хранить и воспроизводить музыку в разнообразных форматах.

В контексте музыкального творчества современные программные средства ставят перед собой ряд задач, решение которых может кардинально изменить подходы к созданию и восприятию музыки. В рамках работы «Разработка виртуального ассистента на основе нейронных сетей в области генерации музыки» были рассмотрены задачи:

1. Генерация новых музыкальных композиций;
2. Обучение и поддержка музыкантов;
3. “Очеловечивание” музыки.

Существует множество методов генерации музыки, в том числе и нейронные сети [1]. Каждый из методов имеет свои особенности и применения. Проанализировав их, было проведено сравнение, результаты которого занесены в таблицу 1. Для сравнения были выбраны следующие критерии:

- Способность к обучению: насколько хорошо метод может обучаться и адаптироваться на основе предыдущего опыта или данных;
- Обработка данных: способность метода обрабатывать большие объемы данных;
- Устойчивость: способность метода справляться с неточностями или ошибками в данных;
- Извлечение признаков: автоматическое извлечение информативных признаков из данных;
- Сложность реализации: насколько просто реализовать данный метод и насколько глубокие знания требуются для его дальнейшего использования.

Таблица 1

Сравнение методов генерации музыки

Метод	Способность к обучению	Обработка данных	Устойчивость	Извлечение признаков	Сложность реализации
Марковские модели	Средняя	Средняя	Низкая	Низкая	Низкая
Порождающая грамматика	Низкая	Низкая	Низкая	Низкая	Средняя
Сети Петри	Низкая	Низкая	Низкая	Низкая	Высокая
Системы Линденмайера	Низкая	Низкая	Низкая	Низкая	Средняя
Генетический алгоритм	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя
Клеточные автоматы	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Низкая
Системы, основанные на знаниях	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя
Искусственные нейронные сети	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Средняя

Сравнение показало, что нейронные сети обладают значительными преимуществами для решения поставленных задач.

На сегодняшний день существуют программные средства, использующие нейронные сети для генерации музыки [2][3][4][5]. Рассмотрев их основные характеристики и принципы работы, было проведено сравнение (Таблица 2), используя следующие критерии:

- Удобство использования: интуитивность, доступность функций;
- Наличие DAW: интеграция записи и редактирования аудио;
- Соблюдение теории музыки: соответствие музыкальным стандартам;
- Обучаемость: поддержка в изучении музыки;
- Контроль процесса: возможность пользователю вмешиваться в процесс генерации;
- Вариативность: разнообразие инструментов и стилей.

Таблица 2

Сравнительная таблица программных средств

Критерии	Stable Audio	Musicfy	AIVA	WavTool
Удобство использования	+/-	+/-	+	-
Наличие DAW	-	-	-	+
Соблюдение теории музыки	-	+/-	+	+/-
Обучаемость	-	-	-	-
Контроль процесса	-	-	+/-	+/-
Вариативность	-	+/-	+	+

Современные тенденции показывают, что не существует универсальных решений, полностью удовлетворяющих потребности музыкантов. Например, WavTool, несмотря на наличие полноценной звуковой рабочей станции (DAW), не даёт возможность пользователю полностью контролировать процесс создания композиции и не предоставляет объяснений процессов генерации, что затрудняет его использование в образовательных целях. Таким образом, мы подтверждаем актуальность разработки виртуального ассистента, который может генерировать музыкальные произведения по техническому заданию от музыканта.

#### Список литературы

1. Никитин, Н. А. Обзор математических методов для генерации музыкальных композиций / Н. А. Никитин, В. Л. Розалиев, Ю. А. Орлова. // Молодой ученый. – 2020. – № 52 (342). – С. 36-39. – URL: <https://moluch.ru/archive/342/77077/>
2. Stable Audio [Электронный ресурс].— URL: <https://stableaudio.com/generate>
3. Musicfy [Электронный ресурс].— URL: <https://create.musicfy.lol>
4. AIVA [Электронный ресурс].— URL: <https://www.aiva.ai>
5. WavTool [Электронный ресурс].— URL: <https://app.wavtool.com>

Храмцова С.А.

## МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОВОКУПНОЙ МОЩИ ГОСУДАРСТВ

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМИКТ ДВФУ

Научный руководитель - асистент А.Е. Чусова

В последние десятилетия специалисты в области политологии и международных отношений сталкиваются с потребностью в построении анализа политических событий и геополитических отношений. Субъективное восприятие и качественные методы анализа, хоть и незаменимы в исследованиях, зачастую оставляют пробелы в объективности и достоверности выводов. Эта тенденция приводит к неопределенности прогнозов иискажению реального положения дел в мировой политике.

Одним из основных факторов, определяющих геополитическую позицию государства, является его сила и влиятельность на мировой арене. В настоящее время степень разработанности вычисления этих показателей находится на достаточно высоком уровне, особенно следует отметить качество и глубину проработанности методических подходов к оценке отдельных составляющих потенциала региона. Однако, более детальное изучение такой категории, как «совокупный потенциал территории или региона», открывает исследователям новые качественные и количественные факторы. Они требуют учета при формировании комплексного показателя, который, как уже давно известно, не может составлять простую алгебраическую сумму оценок, составляющих потенциал региона, и тем более суммарную оценку экономических ресурсов территории [1].

В данной статье предлагается новый подход к оценке геополитической силы государств, основанный на количественных методах в прикладном анализе международных отношений. Предлагается разработать систему, которая будет применять различные формулы и показатели для расчета силы каждого государства и последующего составления объективного рейтинга. Такой подход позволит уменьшить влияние субъективных предположений и установить более точные оценки геополитических отношений между государствами [2].

Актуальность разработки системы для оценки и сравнения совокупной мощи государств можно объяснить тем, что существующие решения недостаточно хороши, так как они либо оценивают государства по критерию из одной определенной сферы жизни общества, например Global FirePower Index, ВВП, Индекс человеческого развития, либо рассматривают государства на мировой арене с позиций двухполлярного мира как близость к США или КНР, например Атлас РУДН [3].

За основу нашей модели была взята модель Чин-Лунга для оценки мощи государства:

$$Power = \frac{Critical\ Mass + Economic\ Strength + Military\ Strength}{3} \quad (1)$$

где Critical Mass (критическая масса) определяется размером территории и численностью населения и рассчитывается следующим образом:

$$Critical\ Mass = \left( \frac{Country's\ Population}{World\ Total} \right) \times 100 + \left( \frac{Country's\ Area}{World\ Total} \right) \times 100 \quad (2)$$

$$Economic\ Strength = \left( \frac{Country's\ GDP}{World\ Total} \right) \times 200 \quad (3)$$

$$Military\ Strength = \left( \frac{Country's\ GDP}{World\ Total} \right) \times 200 \quad (4)$$

Также при расчете будет использован индекс оценки относительного национального потенциала, рассчитанный П. Херманом, Э. Хильбрандом и Б. Хьюджом из Денверского университета [2]:

$$\begin{aligned} \text{Country's Power} = & \left( \frac{\text{Country's Military Spending}}{\text{Global Military Spending}} \right) \times 0,29 + \left( \frac{\text{Country's GDP} \times \text{Country's GDP PPP per capita}}{\text{Global GDP} \times \text{Global GDP PPP per capita}} \right) \times 0,1 + \\ & \left( \frac{\text{Country's GDP PPP}}{\text{Global GDP PPP}} \right) \times 0,35 + \left( \frac{\text{Country's Population}}{\text{Global Population}} \right) \times 0,26 \end{aligned} \quad (5)$$

Данные для расчета планируется брать из открытых источников, таких как сайт ООН, Всемирный банк. Для окончательного расчета показателей мощи государств планируется применять несколько методик оценки и сравнения результатов для выявления наиболее оптимального значения показателя.

Разрабатываемая система для оценки и сравнения совокупной мощи государств будет оценивать по вышеперечисленным формулам государства, сравнивать показатели между собой и показывать наиболее оптимальный результат вычислений мощи государств. В инструментальной системе будут использованы формулы подсчета совокупной мощи государств, так как они наиболее обширно и комплексно будут показывать оценку государства по всем сферам жизни общества в количественном эквиваленте для дальнейшего сравнения результатов. С помощью разрабатываемого программного обеспечения политологи и международные эксперты смогут наиболее точно оценивать позиции государств на мировой арене, объективно говорить об отношениях тех или иных держав, а также строить более достоверные прогнозы политических событий в мире, избегая субъективной оценки. При дальнейшей разработке и отладке системы будут добавлены другие формулы для подсчета совокупной мощи государств для улучшения достоверности расчета показателей.

В заключение, можно сказать, что разработка инструментальной системы для работы политологов актуальна и перспективна в контексте анализа совокупной мощи государств. Она обеспечит политологам возможность проведения более глубокого и объективного анализа влияния различных факторов на политическую динамику мировых отношений.

#### *Список литературы:*

1. Голощапова, Т. В. Проблемы оценки совокупного потенциала региона / Т. В. Голощапова // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. – 2020. – Т. 11, № 1. – С. 15-18. – EDN LXKAPG.
2. Дегтерев, Д. А. Количественные методы в прикладном анализе международных отношений : специальность 23.00.04 "Политические проблемы международных отношений, глобального и регионального развития" : диссертация на соискание ученой степени доктора политических наук / Дегтерев Денис Андреевич. – Москва, 2019. – 644 с. – EDN BKOJMX.
3. Исследовательский проект «США vs. КНР: контуры глобальной конкуренции» кафедры теории и истории международных отношений Российского университета дружбы народов 2021 года. – URL: <https://g2.rudn.ru/>
4. Saradzhyan, Simon, and Nabi Abdullaev. 2018, May 04. Measuring National Power: Is Vladimir Putin's Russia in Decline? Russia Matters. – URL: <https://nrs.harvard.edu/URN-3:HUL.INSTREPOS:37363205>

---

Цветков С.О.

**ПРИМЕНЕНИЕ ШАБЛОНОВ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ  
ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ**

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – ассистент А.А. Бураков

Сложно представить повседневный день человека среднего возраста без использования приложений. Освоение нового приложения, как правило, не вызывает у нас проблем т.к. приложения в большинстве своём одинаковы. Проблемы, которые могли бы возникнуть при использовании, также решаются одинаково. Если обобщить и формализовать решения, то получатся методы, называемые шаблонами. Шаблоны экономят время при создании пользовательских интерфейсов, снижают срок адаптации пользователя в новом программном средстве и позволяют исключить неточности, появляющиеся при изобретении своего решения проблемы. Но для создания нужен человек. Цель работы – рассмотреть способы применения шаблонов для создания интерфейсов, а также степень автоматизации генерации интерфейса.

Определим следующие термины: Шаблон (в англ. pattern, далее паттерн) – сведение знаний и правил в методы, созданные для решения конкретной проблемы с возможностью их многократного применения [1]. Разделяются на три типа: внедрение (решение конкретной проблемы), сценарий (прогнозирование сценария использования) и контекст (тематика приложения). Компонент – модульная часть интерфейса, имеющая определённую функциональность и способная к повторному использованию в других проектах. Генерация – процесс создания интерфейса на основе входных данных. Пользовательский интерфейс (в англ. user interface, далее UI) – набор программных и аппаратных средств, обеспечивающих взаимодействия пользователя с устройством. Промпт (в англ. prompt) – конкретизированный запрос, позволяющий сфокусировать внимание нейросети на определённом аспекте данных.

В качестве примера применения некоторых паттернов в UI будут использованы наработки по выпускной квалификационной работе, а именно мокап фрейм модуля редактирования базы знаний онтологической модели. При создании прототипа UI проявились следующий ряд проблем. Первая – различие в способах добавления и редактирования сортов с ограничением в размере экрана требует логически разделить их. Вторая – ограничения размеров окна не позволяет добавить метку к полю ввода. Третья – для одного сорта требуется декомпозировать процесс добавления на подзадачи с возможностью вернуться на предыдущий этап. Так для решения проблем были применены следующие паттерны. Navigation Tabs [2] – правое боковое меню, группирующее все окна для работы с определённым сортом. Input Prompt [2] – заполнитель текста в полях. Так появляется возможность указать то, для чего нужно поле ввода и то, как его заполнять. Wizard [2] – верхнее меню, показывающее последовательность шагов добавления сложного сорта. На рисунке 1 представлен пример совокупного применения паттернов. Далее будут рассмотрены способы автоматической генерации UI.

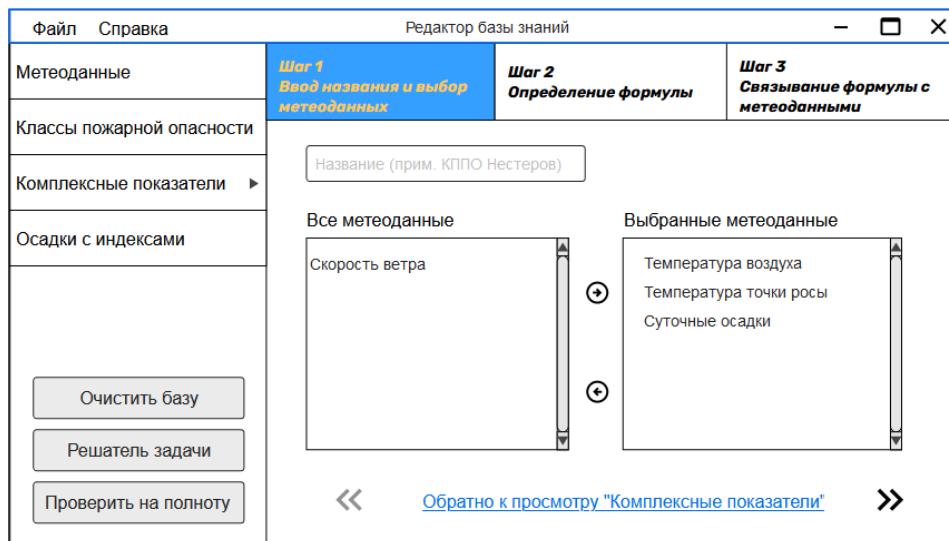


Рисунок 1 – Пример применения паттернов Navigation Tabs, Input Prompt и Wizard

Шаблонизатор — программное обеспечение, предназначенное для объединения шаблонов (в англ. template) с моделью данных для создания результирующих документов на языке шаблонов. Они дополняют HTML и CSS синтаксис своими конструкциями для вставки новых данных при генерации HTML страниц. К шаблонизаторам относятся Jinja, Thymeleaf, Pug, Twig. В них реализован механизм наследования и композиции, что позволяет выделить часто повторяющиеся куски кода в отдельные файлы. Хоть в шаблонизаторах нет готовых компонентов для UI, но за счёт механизмов наследования и композиции их можно создать. Одновременно с этим возможно создать наборы компонентов, основываясь на паттернах. Так можно выделить не просто готовые элементы интерфейса, а элементы, которые решают поставленную проблему. Но это всё же потребуется ручное создание каркаса UI с использованием шаблонов, чтобы начать автоматически генерировать, и только затем дополнять под дальнейшие требования.

JS библиотеки и фреймворки, основанные на компонентном подходе – набор инструментов, позволяющий вносить изменения в DOM модель дерева HTML страницы. К ним относятся популярные React, Vue, Angular, Ember и другие. Принцип компонентного подхода состоит в первоначальном создании компонентов и только затем в объединении их в наборы. Это означает, что разработчик реализует дизайн-систему компонентов UI [3]. Проблема отсутствия изначально готовых компонентов, поставляемых вместе с библиотеками, аналогична шаблонизаторам, но существуют сторонние библиотеки, реализующие всё это, как например React-Bootstrap для React. При этом существуют сторонние библиотеки, реализующие некоторые паттерны, как например React-responsive-carousel для встраивания и настройки карусели или React-use-wizard для реализации последовательности выполнения действий. Ещё компании Apple, Google, Tencent, Alibaba предоставляют свои компоненты и реализованные паттерны для создания UI. Так, по аналогии с шаблонизаторами, можно определить каркас UI, реализовать отдельные наборы компонентов виде паттернов и автоматизировать генерацию.

Генерацию при помощи нейронных сетей можно разделить на три задачи: генерацию макета интерфейса на основе набросков, генерацию прототипа UI на основе макета интерфейса и генерацию макета интерфейса на основе промпта.

В первом случае рассмотрим Figma-плагин Codia-AI Design. Алгоритм генерации прототипа состоит из следующих этапов: сегментация изображения при помощи свёрточных нейронных сетей, распознавание образов с использованием обученной модели, распознавание текста при помощи Tesseract, генерации и оптимизации макета через Figma API [4]. Качество результата зависит от

дизайнера, наличие паттернов также напрямую зависит от его знаний. Это решение облегчает создание макетов, но не автоматизирует.

Во втором случае рассмотрим Figma-плагин Codia-AI Figma to code. Алгоритм генерации состоит из следующих этапов: анализ макета, объединение слоёв и сжатие, генерация DOM дерева и затем приложения [4]. Design2Code аналогично работает, но позволяет при помощи промпта модифицировать готовый результат, однако требует открытый ключ OpenAI для работы. Вывод аналогичен первому способу, но с одной оговоркой – полученный результат нужно будет перерабатывать, чтобы получить работоспособный прототип.

В третьем случае рассмотрим сервис Uizard. Алгоритм генерации состоит из следующих этапов: разбор входного промпта, определение контекста UI, подбор компонентов на основе готовых решений, определение связей между ними, синтез и оптимизация макетов. Результатом генерации является интерактивный прототип UI, который хоть и не всегда логичен, но способен показать примерную логику использования будущего приложения. Здесь возможна автоматизация создания макетов, но удобство использования и наличие паттернов в решении проблем полностью зависит от наборов данных, на основе которых учились модель.

На данный момент генерация рабочего прототипа UI не обходится без специалиста. Шаблонизаторы и компонентные JS библиотеки требуют создание основного каркаса UI, создание компонентов, их комбинации по описанию паттернов и только потом дополнять. Нейронные сети требуют ручной оптимизации полученного результата.

Применение паттернов в шаблонизаторах и JS библиотеках полностью зависит от знаний и умений специалистов, создающих каркас UI. Аналогично и для нейронных сетей, которые переводят наброски в макеты и макеты в код. Генераторы по промптам сильно зависят от наборов данных, на котором они обучались.

#### *Список литературы*

1. Welie, Martijn & Veer, Gerrit & Elins, Anton. (2000). Patterns as Tools for User Interface Design. 10.1007/978-1-4471-0279-3\_30.
2. Design Patterns // UI Patterns URL: <https://ui-patterns.com/patterns> (дата обращения: 01.05.2024)
3. Ширяева Д.В., Ушакова М.Ю. Применение компонентного подхода для разработки архитектуры frontend-части социальной сети // Системный анализ в науке и образовании. - 2023. - №2. - С. 21-26.
4. Codia AI: скрины в дизайн и дизайн в код // Habr URL: <https://habr.com/ru/companies/bothub/articles/795143/> (дата обращения: 28.03.2024)

---

Чемериская Е.В., Доржиев А.С., Шулятьев А.А.

### **АНАЛИЗ КАЧЕСТВА НАБОРА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВАХ ОБУЧЕНИЯ**

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – к.т.н., доцент С.Н. Остроухова

Обязательным компонентом учебного процесса является контроль качества обучения по его результатам. Тесты эффективно контролируют уровень знаний и понимания, а также способность их

применять на практике. Они помогают выявить слабые места и своевременно скорректировать процесс обучения.

Тестовые задания, соответствующие формальным требованиям, не всегда являются качественными. Согласно теории педагогического тестирования [1], качество теста связано с его надежностью, валидностью, дифференцирующей способностью и уровнем трудности.

Надежность теста определяется согласованностью результатов при повторном тестировании. Ее оценивают коэффициентом корреляции Пирсона между параллельными тестами на одной выборке, коэффициентом корреляции результатов практического тестирования и экспертных оценок, коэффициентом корреляции Спирмана-Брауна, коэффициентами надежности по Гутману или KR-20 и др.

Валидность теста определяет, насколько точно тест измеряет поставленные цели, и оценивается преподавателем с использованием внешних критериев. Ее можно установить на основе гипотезы нормальности распределения результатов тестирования и стандартного распределения ошибок (регрессионная модель) или стандартной «подгонкой» под такое распределение.

Дискриминативность (дифференцирующая способность) задания отражает его способность дифференцировать испытуемыми по уровню знаний на сильных и слабых. Модель Раша позволяет оценить эту характеристику теста на основе большой выборки.

Для оценки трудности теста используют расчет индекса трудности.

В распространённых системах дистанционного обучения [2] имеются процедуры оценки следующих показателей:

- индекс лёгкости (доля студентов, ответивших правильно на поставленный в задании вопрос);
- стандартное отклонение;
- случайная оценка угадывания (оценка при случайном угадывании варианта правильного ответа);
- индекс дискриминации и др.

В настоящий момент для Департамента программной инженерии и искусственного интеллекта ДВФУ ведется разработка системы «Яdraw» - системы контроля знаний учащихся по дисциплине «Фундаментальные структуры данных». Основными задачами системы являются генерация многовариантных тестов и тестовых заданий на основе шаблонов, а также автоматизация процесса тестирования студентов по дисциплине. Система контроля знаний «Яdraw» включает в себя модуль обработки результатов тестирования обучающихся (рис.1).



Рисунок 1 – Проект модуля обработки результатов тестирования обучающихся

Основными задачами данного модуля являются:

- статистическая обработка результатов тестирования (рисунок 2 – а);
- анализ качества измерительных материалов: шаблонов тестов и сеансов тестирования, сгенерированных с помощью заданных шаблонов (рисунок 2 – б, в);
- рекомендации по коррекции измерительных материалов, исходя из полученных расчетов по заданным критериям (рисунок 2 – б, в).

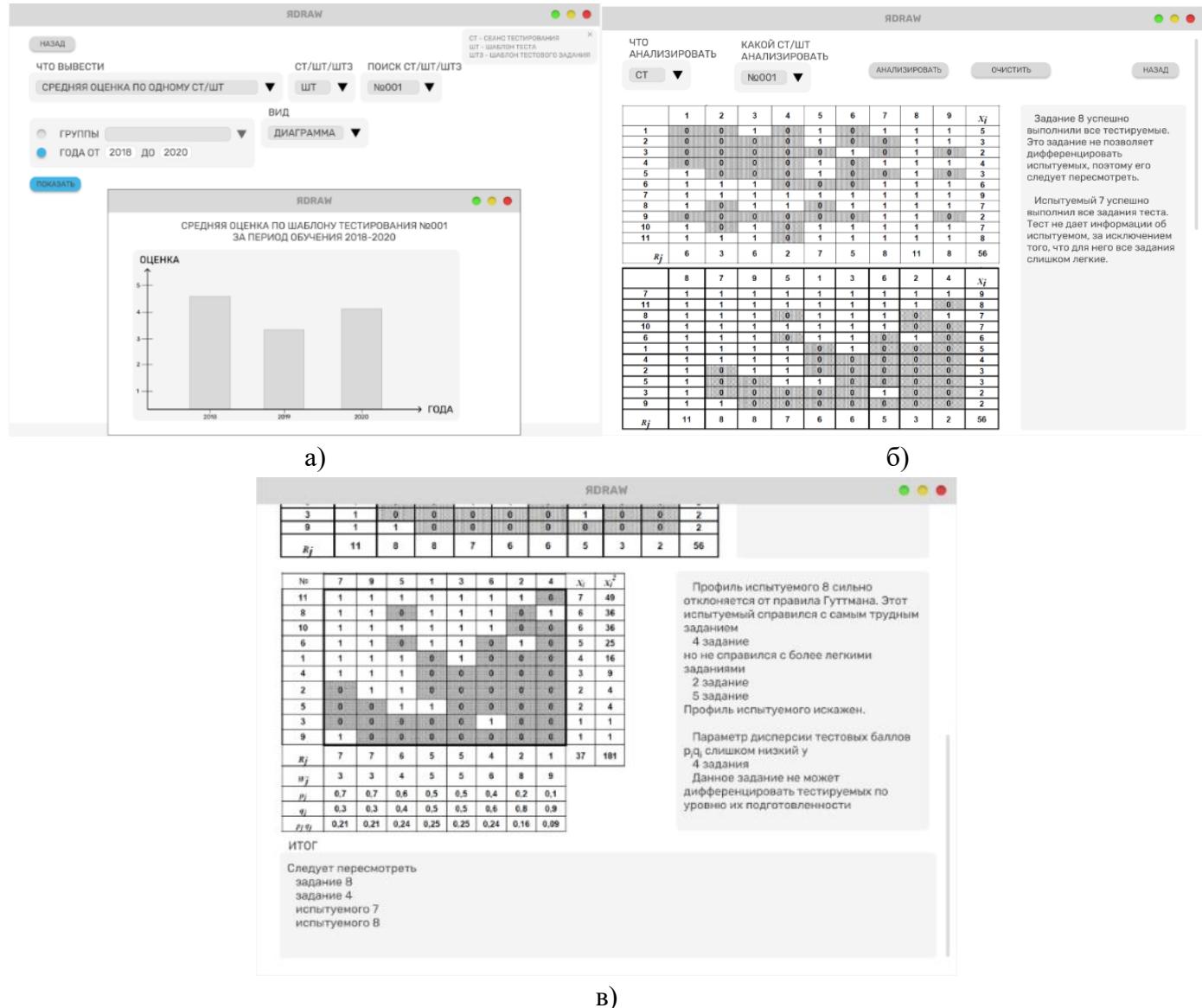


Рисунок 2 – Модуль обработки результатов тестирования.

Оценка результатов тестируемых (а), оценка качества теста (б-в)

#### Список литературы

- Лунев А. П., Окладникова С.В. Управление качеством разработки тестовых материалов с применением современных информационных технологий // Естественные науки. - 2008. -№ . 1. - С. 75-80.
- Лекция 5: Обоснование качества теста // Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ» [Электронный ресурс]. – URL: <https://intuit.ru/studies/courses/14593/1290/lecture/24964>

Шулятьев А.А., Доржиев А.С., Чемериская Е.В.  
**СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ УЧАЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ»**

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ  
Научный руководитель - к.т.н., доцент С.Н. Остроухова

Применение компьютерных технологий для оценки знаний учащихся имеет следующие преимущества:

- отсутствие возможности списывания и получения различного рода подсказок;
- повышение объективности оценки знаний;
- освобождение преподавателя от проверки выполненных студентами тестов.

Однако существует проблема проверки знаний в рамках дисциплин с практической направленностью, требующих от тестируемого выполнить некоторую последовательность действий в соответствии с заданным алгоритмом, также отсутствует возможность создавать шаблоны таких заданий [2;3]. Например, для проведения тестирования по дисциплине «Фундаментальные структуры данных» задания открытой и закрытой формы, задания на установление соответствия, задания на установление правильной последовательности [1] не позволяют объективно оценить знания учащихся.

В настоящий момент для Департамента Программной Инженерии и Искусственного Интеллекта ДВФУ ведется разработка системы «Яdraw» - системы контроля знаний учащихся по дисциплине «Фундаментальные структуры данных». Основными задачами системы являются генерация многовариантных тестов и тестовых заданий на основе соответствующих шаблонов, а также автоматизация процесса тестирования студентов по дисциплине. Шаблонное тестовое задание должно включать в себя шаблон дерева поиска, а операцию над деревом, которую необходимо выполнить (рисунок 1, а – в).

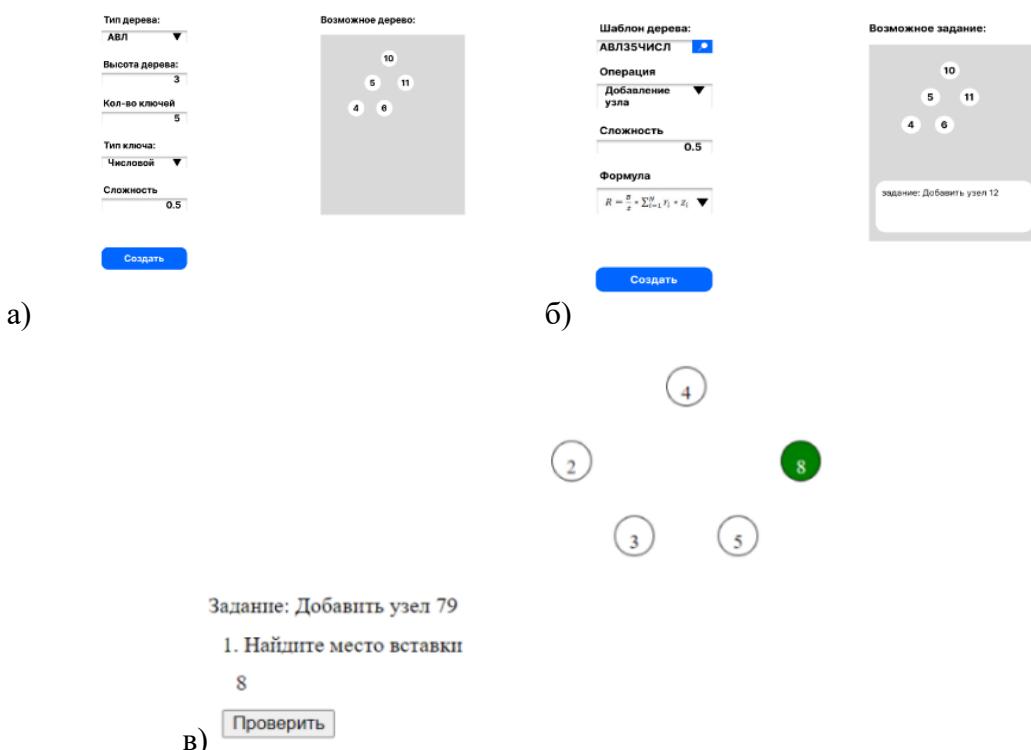


Рисунок 1 – Генерация тестового задания: формирование шаблона дерева (а), шаблона тестового задания (б), сгенерированное тестовое задание (в)

На рисунке 2 представлена клиент-серверная архитектура, разрабатываемой системы, которая должна включать в себя:

- подсистему управления процессом тестирования;
- подсистему прохождения тестирования;
- модуль статистики.

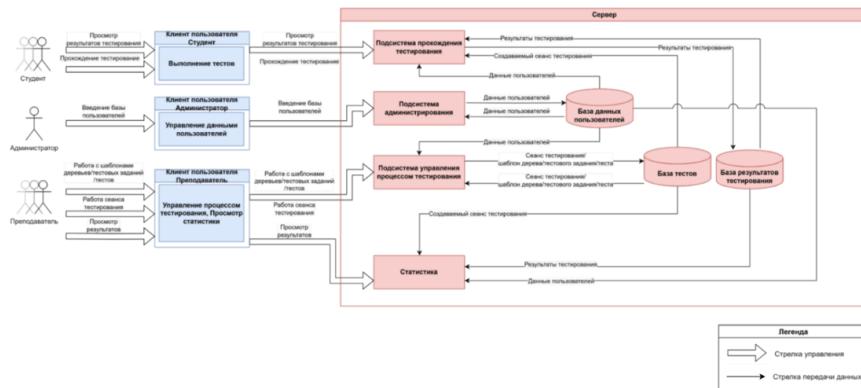


Рисунок 2 – Архитектурно-контекстная диаграмма системы контроля знаний

**Подсистема управления процессом тестирования** позволит преподавателям работать с шаблонами деревьев, тестовых заданий, тестов, а также – с сеансами тестирования.

Основные параметры шаблонов дерева: тип дерева (бинарное дерево поиска, АВЛ-дерево), количество узлов, высота дерева, тип ключа (строковый или числовой), сложность шаблона.

Для формирования шаблонов тестовых заданий требуется указать следующие параметры: шаблон дерева, сложность шаблона, набор операций над деревом (обход дерева в глубину/ширину, добавление/удаление узла), формулу для расчета оценки за тестовое задание.

Чтобы создать шаблон теста необходимо указать, сложность теста, а также шаблоны тестовых заданий.

Создание сеанса тестирования подразумевает выбор шаблона теста, даты начала тестирования, времени начала и окончания тестирования, шкалы оценивания, а также группы студентов и формулы для расчета оценки за пройденный тест.

Для автоматической проверки выполняемых над деревом операций в систему должна быть включена библиотека работы с различными видами деревьев.

**Подсистема прохождения тестирования** - подсистема, которая позволит предварительно сгенерировать деревья, тестовые задания, тесты на основе соответствующих шаблонов для дальнейшего прохождения студентами тестирования.

**Модуль статистики** позволит преподавателям формировать графики для анализа проведенного тестирования студентов. Помимо этого, подсистема позволяет генерировать рекомендации, которые помогут преподавателям вносить корректизы в созданные шаблоны.

Таким образом, система контроля знаний, включающая подсистемы, описанные выше, позволит автоматизировать процесс тестирования студентов по дисциплине «Фундаментальные структуры данных», а также позволит создавать шаблоны заданий с деревьями поиска для генерации многовариантных тестов.

### Список литературы

1. Аванесов В. С. Форма тестовых заданий. Учебное пособие для учителей школ, лицеев, преподавателей вузов и колледжей. 2 изд., переработанное и расширенное. - М.: Центр тестирования, 2005. - 156 с.

2. Практические задания // Справочный центр Stepik [Электронный ресурс] – URL: <https://help.stepik.org/article/54796>
3. Question types // Moodle [Электронный ресурс] – URL: <http://moodle.spsu.ru/mod/book/tool/print/index.php?id=2626#ch26>

---

Шутов К.С.<sup>1</sup>

## СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ АППАРАТОМ В АВТОНОМНОМ И РУЧНОМ РЕЖИМАХ

<sup>1</sup>Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ

<sup>2</sup>Кафедра информационных технологий и систем ВВГУ

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Гриняк<sup>2</sup>

На сегодняшний день создание и внедрение беспилотных устройств является объектом пристального внимания со стороны исследователей и инженеров. Исторически беспилотники создавались в рамках специальных задач и для работы в зонах, опасных для человека. В настоящее время имеются попытки их использования в самых разных отраслях: видеонаблюдение, доставка больших и мелких грузов, сельскохозяйственные работы, мониторинг параметров среды, складские задачи и т. п. Беспилотники делятся на следующие типы: надземные, воздушные, надводные и подводные.

С точки зрения реализации процессов управления беспилотником можно выделить 4 режима работы [1, 2]:

1. система с ручным управлением – оператор (капитан) находится на борту и управляет беспилотником, укомплектованным экипажем;
2. полностью автономная система – система работает полностью автономное режиме (например, в открытом море) и не предусматривает вмешательство пилота;
3. дистанционно управляемая система – беспилотным объектом управляет оператор, не находящийся на борту;
4. комбинированный режим работы – совмещает автономный и дистанционный режимы, а также позволяет оперативно переключаться между ними, где возможность дистанционного управления необходима в случае возникновения нештатной ситуации.

Дистанционное управление беспилотником может оказаться сложной задачей из-за задержки. Для прохождения сигнала через спутники, интернет или другие средства требуется время. Слишком большая задержка может препятствовать выполнению практических задач. Поэтому именно комбинированный режим работы представляет наибольший исследовательский и прикладной интерес [3].

На данный момент не разработана программная система с отработанными архитектурными решениями комбинированного режима работы для управления беспилотниками, нет устоявшихся стандартных решений. Также для данной программной системы важно обеспечить модульность, слабую зависимость компонент системы, возможность их заменимости. Прежде всего необходимо обеспечить заменимость поведения в части функционала, связанного с автономным управлением, чтобы можно было эксплуатировать устройство, легко заменяя алгоритмы управления.

Для реализации автономного режима работы, а также обеспечения заменимости модели поведения, стоит обратить внимание на применение нейронных сетей. Нейронные сети предоставляют

мощный инструмент для создания адаптивных систем, способных обучаться на основе опыта и адаптироваться к изменяющимся условиям.

Искусственный интеллект обладает значительным потенциалом в области управления беспилотниками, особенно в контексте судов, которые сильно подвержены влиянию ветра, волн, течений и других возмущений окружающей среды и имеют очень сложные нелинейные характеристики для систем управления курсом. Несмотря на интерес к технологиям, связанных с искусственным интеллектом, существует дефицит научных исследований. Традиционные методы управления беспилотниками не всегда обеспечивают нужное качество и надежность. Новые "интеллектуальные" алгоритмы, имитирующие поведение экспертов, могут быть ключевыми в улучшении качества управления, поэтому необходимо разрабатывать и совершенствовать высокоеффективные алгоритмы и системы управления, специально адаптированные для беспилотников [4, 5].

В заключение можно отметить, что беспилотники представляют собой перспективную область, с разнообразными областями применения. Комбинированный режим управления выделяется как важный, но пока не имеющий стандартных решений, а нейронные сети предоставляют высокую адаптивность к изменяющимся условиям, что позволяет реализовать автономный режим управления с возможностью замены модели поведения. Таким образом, основной целью работы является разработка и внедрение программной системы комбинированного управления беспилотником, использующей нейронные сети в автономном режиме управления.

#### *Список литературы*

1. Епихин А.И., Хекерт Е.В., Модина М.А. Анализ безопасности безэкипажных судов на основе структуры модели риска с использованием сети Байеса // Морские интеллектуальные технологии. – 2021. – №2–4(52). – С. 38–46.
2. Bratić K., Pavić I., Vukša S. and Stazić L. Review of Autonomous and Remotely Controlled Ships in Maritime Sector // Transactions on Maritime Science. – 2019. – №8(2). – С. 253–265.
3. Jalonen R., Tuominen R., Wahlström M. Safety of Unmanned Ships: Safe Shipping with Autonomous and Remote Controlled Ships // Aalto University Publication Series Science + Technology. – 2017. – №5.
4. Luo Z., Qian T., Ye X., Huang J., Yu L. Research on a course control strategy for unmanned surface vessel // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – №1948(012106).
5. Епихин А.И, Кондратьев С.И. Искусственный интеллект, перспективы применения в управлении судовыми энергетическими установками // Эксплуатация морского транспорта. – 2020. – №4(97). – С. 95-100.

---

Щетинин Д. О.

#### **НЕЙРОСЕТЕВОЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Департамент информационных и компьютерных систем ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент В.Н. Достовалов

На сегодняшний день нейросетевое сжатие данных – это активно развивающаяся область исследований. В современном мире сжатие изображений является ключевым направлением исследований в области компьютерного зрения и обработки изображений. Особый интерес представляет задача сжатия изображений номерных знаков автомобилей, которая имеет большое

практическое значение для различных систем видеонаблюдения, систем управления транспортом и автоматизации. В контексте нейросетевого сжатия изображений одним из наиболее распространенных методов являются автоэнкодеры. Автоэнкодер состоит из двух основных частей: энкодера и декодера. Энкодер принимает входные данные и преобразует их в латентное пространство, где информация компактно представлена в виде вектора, состоящего из кода. Декодер пытается восстановить исходные данные из этого кода. В архитектуре автоэнкодера для сравнения исходного и восстановленного изображения используется среднеквадратичная ошибка (MSE) [1].

Архитектура простого автоэнкодера состоит из трёх слоёв: входного, скрытого и выходного. Входной и выходной слои имеют по три узла. Скрытый слой состоит из двух узлов, которые связаны со всеми узлами входного и выходного слоев [2]. Архитектура автоэнкодера представлена на рис. 1.

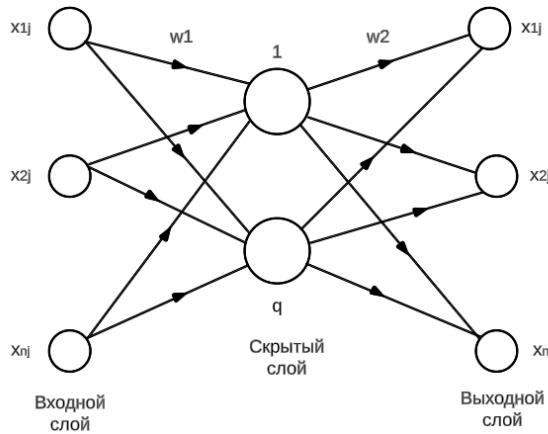


Рисунок 1 – Структура нейронной сети (Автоэнкодер) с одним скрытым слоем для сжатия данных

В рамках данного исследования было рассмотрено использование автоэнкодеров для сжатия изображений номерных знаков автомобилей, полученных с помощью алгоритма обнаружения объектов YOLOv4.

Алгоритм YOLOv4 (You Only Look Once) представляет собой один из передовых методов обнаружения объектов, который позволяет эффективно и точно обнаруживать объекты на изображениях в реальном времени. Метод YOLOv4 обладает высокой скоростью обработки и высокой точностью детекции, что делает его идеальным выбором для получения изображений номерных знаков автомобилей для дальнейшего сжатия [3].

Для решения задачи сжатия изображений номерных знаков автомобилей с помощью автоэнкодера был предпринят подход с двухкритериальной оптимизацией, учитывающий, как размерность сжатия, так и сохранение качества изображений. Таким образом, мы стремились найти оптимальное решение, которое обеспечивает минимальный размер сжатия при сохранении максимально возможного качества изображения. Это позволяет эффективно использовать ресурсы хранения и передачи данных, минимизируя при этом потери информации и качества изображений.

Сначала была проведена обработка изображений номерных знаков автомобилей с использованием алгоритма YOLOv4 для сбора статистики по распределению букв и цифр на этих изображениях. В собранном наборе данных неравномерно распределены буквы и цифры. Буквы “A” и “O” встречаются чаще остальных. Цифры 7 и 1 так же наиболее распространены, чем остальные цифры.

Затем был разработан и применен алгоритм нейросетевого сжатия - автоэнкодер, состоящий из входного, скрытого слоя с 600 нейронами и нелинейной функцией активации “Relu”, а также выходного слоя, использующего сигмоидальную функцию для декодирования данных из скрытого представления. Для оценки эффективности сжатия были построены графики распределения ошибки на тренировочных и валидационных данных. Кроме того, для оценки качества восстановления изображений был построен

график распределения среднеквадратичной ошибки между оригинальным изображением и восстановленным. Графики представлены на рисунке 2. На графиках наблюдается уменьшение ошибки, а также уменьшение среднеквадратичной ошибки по мере увеличения числа эпох обучения, что свидетельствует о достижении стабильного уровня сжатия, а также об улучшении качества восстановленных изображений.

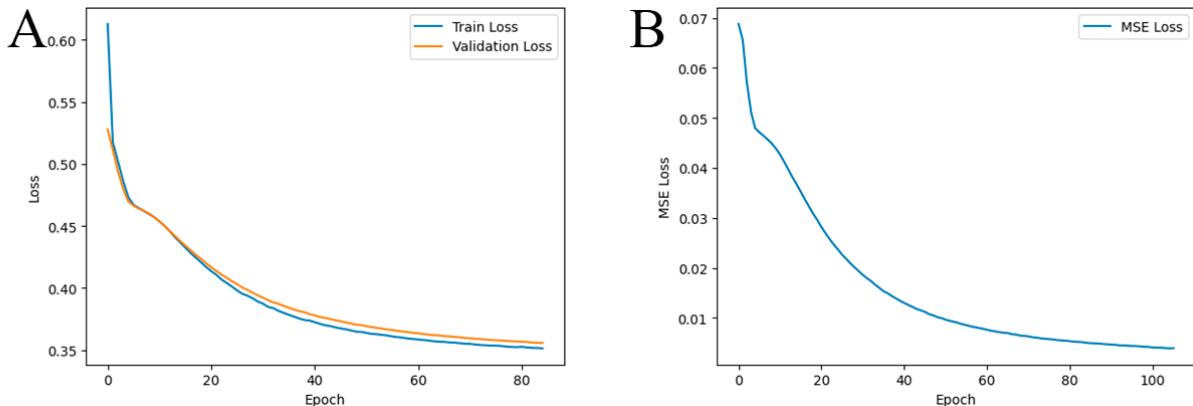


Рисунок 2 – График распределения ошибки на тренировочных и валидационных данных (А),  
График распределения среднеквадратичной ошибки между оригинальным изображением и  
восстановленным (В)

#### *Список литературы*

1. Y.Yang, S.Mandt, L.Theis. An Introduction to Neural Data Compression // Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision: Vol. 15, No. 2 - 2023 – P. 113-200
2. Автоэнкодеры, вариационные автоэнкодеры [Электронный источник] – URL: <https://skine.ru/articles/709363/?ysclid=lu9ft3xr8h722033520>
3. YOLOv4: высокоскоростное и точное обнаружение объектов [Электронный источник] – URL: <https://habr.com/ru/articles/503200/>

---

Явтуховский Е.Ю., Булбук Д.П., Ярмонов А.С.

### **АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ СТАНДАРТИЗАЦИИ ПОДХОДОВ В ОБЛАСТИ МОНИТОРИНГА ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ СИСТЕМ**

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.А. Верещагина

В данной работе рассматривается проблема отсутствия стандартизованных методологий построения эффективных систем мониторинга высоконагруженных систем.

Целью работы является первичный анализ существующих материалов по выбранной теме, обобщение полученной информации, выработка направлений для проведения дальнейших исследований.

Практическая значимость состоит в изучении и анализе существующих процессов мониторинга высоконагруженных систем, в целях их стандартизации и унификации.

Стремительное развитие и внедрение информационных технологий является одной из важнейших отличительных черт современного общества. Наиболее показательными примерами

высоконагруженных систем являются системы искусственного интеллекта, научные вычислительные центры, финансово-экономические системы и межконтинентальные системы передачи данных [1].

Совместно с ростом количества генерируемой, хранимой, передаваемой и обрабатываемой информации, возрастает нагрузка на указанные вычислительные системы и сети передачи данных [2]. В свою очередь, возрастают вероятности отказа аппаратной составляющей или сбоя программного обеспечения, что может привести как к финансовым потерям, так и к угрозам появления человеческих жертв или нанесения ущерба окружающей среде.

Во избежание данных негативных событий, необходимо предпринимать меры по повышению надежности и отказоустойчивости указанных вычислительных и передающих систем. Одной из таких ключевых мер, является осуществление постоянного и всестороннего мониторинга.

В зависимости от требований и структур рассматриваемых информационных систем и ресурсов, может осуществляться отслеживание параметров нагрузки прикладного программного обеспечения, вычислительных мощностей, событий информационной безопасности [3], вспомогательных и обеспечивающих систем, а также иных критичных показателей, способных прямо или косвенно воздействовать на информационную инфраструктуру.

В связи с большим разнообразием программных и аппаратных решений, применяемых для построения высоконагруженных систем, а также разных версий системного и прикладного ПО, использующих различные протоколы, сложность создания системы мониторинга неуклонно возрастает.

Ключевым шагом, перед началом процесса внедрения системы мониторинга, является выбор целевых систем [4], в силу того, что для конкретных инструментов наблюдения, присущи свои уникальные характеристики, наиболее полно раскрывающиеся только с определёнными типами целевых систем.

Дополнительной сложностью является выбор оптимальных метрик и их шкал для эффективного отслеживания и оценки необходимых параметров наблюдаемой системы. Выбор временных интервалов для получения информации системой мониторинга, наиболее часто осуществляется исходя из личных предпочтений и опыта специалиста, ответственного за внедрение и настройку данной системы, что не является предпочтительным решением.

Следующим этапом настройки системы мониторинга, является выбор средств визуализации получаемых данных. А также выбор каналов и методов информирования контролирующего персонала.

Важнейшую часть реализации процесса мониторинга составляет процесс реагирования на выявленные инциденты [5]. Для оптимизации указанного процесса должны составляться инструкции для действий во всех нештатных ситуациях и предприниматься иные административно-организационные меры.

Для минимизации временных затрат на устранение ординарных инцидентов необходимо разрабатывать автоматизированные средства, которые позволяют снять нагрузку с рабочего персонала. Дополнительно следует рассмотреть возможность применения современных технологий построения искусственного интеллекта, в целях оптимизации рассматриваемого процесса.

Также, определённой проблемой может стать то, что наиболее часто можно встретить информацию, являющуюся пошаговой инструкцией по интеграции определённой версии системы мониторинга с определённой версией наблюдаемой системы [6]. При изменении одной из них, могут произойти сбои в процессе отслеживания критичных параметров.

Таким образом, можно сделать вывод, что актуальность применения средств мониторинга высоконагруженных систем будет неуклонно возрастать в силу наблюдаемого постоянного роста

количества указанных систем и их модернизацией и расширением. Вследствие чего, а также выявленных в ходе данного исследования проблем, процесс стандартизации методологий, алгоритмов и административно-организационных мер, также является актуальным, в целях повышения эффективности процесса мониторинга и снижения затрат на его внедрения и последующее обеспечение, и требует дальнейшего более глубокого изучения.

#### *Список литературы*

1. Амиров С.Н. Особенности разработки высоконагруженных систем // International Journal of Open Information Technologies. 2020. №8. [Электронный источник] - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razrabotki-vysokonagruzhennyh-sistem> (дата обращения: 30.03.2024).
2. Величкевич А.Г., Черепахин А.А., Кудряшов Н.И., Мельникова К.Б., Гончаренко В. А., Фомин С.И. Оценивание доступности информационных ресурсов компьютерных сетей в условиях дестабилизирующей рабочей нагрузки // Перспективы развития науки и образования: сб. науч. тр. по мат. международной НПК. 28.09.2012 г. Ч. 9. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2012. 42-43 с.
3. ГОСТ Р 59547-2021 Защита информации. Мониторинг информационной безопасности. Общие положения. 01.04.2022.
4. Julian M. Practical Monitoring. O'Reilly Media, Inc., 2018 – 169 с.
5. Beyer B., Jones C., Petoff J., Murphy N.R. Site Reliability Engineering. How Google Runs Production System. O'Reilly Media, Inc., 2016 – 550 с.
6. Zabbix + Mikrotik. [Электронный источник] - URL: <https://www.zabbix.com/ru/integrations/mikrotik> (дата обращения: 30.03.2024).

---

Ярош Е.Г.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОСТИ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ВЕКТОРНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ОПЕРАЦИЙ НАД МАТРИЦАМИ**

Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта ИМиКТ ДВФУ  
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Чусов

Операции над плотными матрицами – ядро многих высокопроизводительных вычислительных приложений и улучшение производительности этого ядра оказывает значительное влияние на вычислительную производительность многих приложений.

Одной из возможных оптимизаций операций над матрицами является LUP разложение [1]. Невырожденная квадратная матрица раскладывается на произведение 3 матриц LUP используя метод Гаусса. Использование LUP разложения невырожденной квадратной матрицы для решения систем линейных уравнений, поиска определителя матрицы, обратной матрицы [2] значительно сокращает затрачиваемое время, хотя и ценой дополнительной памяти. Нахождение LUP разложения для квадратной матрицы размером  $n \times n$  имеет асимптотическую сложность  $O(n^2)$ .

Для умножения матриц больших размеров часто используется алгоритм Штрассена [1][3], улучшающий обычный алгоритм умножения матриц по определению, имеющий асимптотическую сложность  $O(n^3)$ , за счёт рекурсивного вычисления произведений подматриц. Асимптотическая сложность алгоритма Штрассена –  $O(n^{2.81})$ . На матрицах малых размеров данный алгоритм не используют: из-за малой глубины рекурсии прирост производительности незначителен.

Алгоритмы, реализующие операции над матрицами часто требуют выполнять одни и те же операции над столбцами и строками матриц. При реализации этих алгоритмов, для ещё большего улучшения производительности вычислений, используют векторизацию и векторные алгоритмы. В векторных вычислениях одна и та же операция выполняется одновременно на нескольких наборах данных. При умножении матриц можно представить первый множитель как вектор столбцов. Тогда произведение матриц можно представить как вектор столбцов, где каждый столбец вычисляется суммой произведений столбца первого множителя на элементы второго множителя.

*Список литературы*

1. Кормен Т. Х. Алгоритмы: построение и анализ. / Т. Х. Кормен, Ч. И. Лейзерсон, Р. Л. Ривест, Клиффорд Штайн – 3-е изд. – М: Издательский дом «Вильямс», 2013. – 1328 с.
2. Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Построение и анализ вычислительных алго-ритмов.- М: Мир, 1979. – 536 с.
3. V. Strassen. Gaussian elimination is not optimal. Numerische Mathematik, 13: 354-356, Aug. 1969.

## Раздел VII КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ, МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ И ГЕНЕТИКА

Алавердов Е.С.<sup>1</sup>, Дегтяренко А.И.<sup>2</sup>, Югай Ю.А.<sup>2</sup>

### ПРИРОДА И РОЛЬ БЕТАИНОВ КАК ФАКТОРОВ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

<sup>1</sup> Кафедра биохимии и биотехнологии ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН

<sup>1</sup> Научный руководитель - к.б.н., с.н.с. Ю.А. Югай

Всё большее количество территорий подвергается влиянию засухи из-за изменения климата, а антропогенное загрязнение усиливает засоление почв, делая их непригодными для произрастания сельскохозяйственных культур [1]. Одним из важнейших механизмов, обеспечивающих возможность произрастания растений в неблагоприятных условиях, является способность накапливать бетаины, представляющие собой триметильные производные аминокислот. Значительное количество бетаинов содержат представители семейств свинчатковые [2] и мятликовые [3].

Применение бетаинов существенно увеличивает устойчивость растений к холодовому [4,5], осмотическому [6], солевому [7], водному [8] стрессу, а также стрессу при заморозке клеток [5], засухе [9], и при воздействии солей тяжелых металлов [10]. Все эти положительные эффекты дают основания говорить о высокой эффективности использования бетаинов в народном хозяйстве, как применяемых экзогенно, так и в виде стратегии улучшения сортов методами генетической инженерии. Бетаины стабилизируют третичную структуру белков [11], защищают клеточные мембранны [12], поддерживают фотосинтез в стрессовых условиях [13], уменьшают количество активных форм кислорода (АФК) [12], активируют системы детоксикации АФК [14] и влияют на экспрессию генов [14], что приводит к повышению стрессоустойчивости и продуктивности растений.

Несмотря на наличие большого количества публикаций, подтверждающих связь адаптивных изменений с накоплением осмолитов, доступных на сегодняшний день данных недостаточно для формирования механистического понимания действия бетаина на генетические и ферментативные системы. Остаются не полностью изучены механизмы влияния бетаинов на стабильность клеточных мембран и активность ферментов при действии неблагоприятных условий среды. На сегодняшний день неизвестны причины ассоциированных с накоплением глицина бетаина изменений уровней экспрессии некоторых генов. Более детального изучения требует и вопрос эффективности метаболического пути окисления холина по сравнению с применением ферментов метилирования глицина при создании генетически модифицированных сортов сельскохозяйственных культур. Несмотря на открытие пути метилирования β-аланина [15, 16], отсутствуют экспериментальные данные об использовании β-аланин бетаина, в том числе и путём генетической инженерии растений, с целью повышения урожайности и стрессоустойчивости культур.

#### *Список литературы*

1. Smith, P. Which practices co-deliver food security, climate change mitigation and adaptation, and combat land degradation and desertification? / P. Smith et al. // Global Change Biology. – 2020. – №3. – С. 1532-1575.

2. Hanson, A.D. Osmoprotective compounds in the Plumbaginaceae: A natural experiment in metabolic engineering of stress tolerance / A.D. Hanson et al. // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 1994. – №1. – C. 306–310.
3. Servillo, L. The betaine profile of cereal flours unveils new and uncommon betaines / L. Servillo et al. // Food Chemistry. – 1994. – №1. – C. 234-241.
4. Kishitani, S. Accumulation of glycine betaine during cold acclimation and freezing tolerance in leaves of winter and spring barley plants / S. Kishitani et al. // Plant Cell Environ. – 1994. – №17. – C. 89–95.
5. Allard, F. Betaine improves freezing tolerance in wheat / F. Allard et al. // Plant and Cell Physiology. – 1998. – №11. – C. 1194-1202.
6. Gibon, Y. Is glycine betaine a noncompatible solute in higher plants that do not accumulate it? / Y. Gibon et al. // Plant Cell Environ. – 1997. – №20. – C. 329–340.
7. Wang, Y. Changes in chlorophyll, ribulose bisphosphate carboxylase - oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress / Y. Wang, N. Nii // The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. – 2000. – №75. – C. 623–627.
8. Chołuj, D. Influence of long-term drought stress on osmolyte accumulation in sugar beet *Betavulgaris* L. plants / D. Chołuj et al. // Acta Physiologiae Plantarum. – 2008. – №30. – C. 679–687.
9. Díaz-Zorita, M. Applications of foliar fertilizers containing glycine betaine improve wheat yields / M. Díaz-Zorita et al. // Journal of Agronomy and Crop Science. – 2001. – №186. – C. 209–215.
10. Shafaqat, A. Glycine betaine accumulation, significance and interests for heavy metal tolerance in plants / A. Shafaqat et al. // Cryo Letters. – 2020. – №9. – C. 896.
11. Incharoensakdi, A. Effect of betaine on enzyme activity and subunit interaction of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase / oxygenase from *Aphanthece halophytica* / A. Incharoensakdi et al. // Plant Physiologia. – 1986. – №81. – C. 1044-1049.
12. Chen, W.P. Glycine betaine increases chilling tolerance and reduces chilling-induced lipid peroxidation in *Zea mays* L. / W. P. Chen et al. // Plant, Cell & Environment. – 2001.
13. Hidenori, H. Transformation of *Arabidopsis thaliana* with the *codA* gene for choline oxidase; accumulation of glycine betaine and enhanced tolerance to salt and cold stress / H. Hidenori et al. // The Plant Journal. – 2003 – №2.
14. Weijuan, F. Improved tolerance to various abiotic stresses in transgenic sweet potato *Ipomoea batatas* expressing spinach betaine aldehyde dehydrogenase / F. Weijuan et al. // PLoS One. – 2012. – №5.
15. Rathinasabapathi, B.  $\beta$ -Alanine betaine synthesis in the Plumbaginaceae. Purification and characterization of a trifunctional, S-adenosyl-L-methionine-dependent N-methyltransferase from *Limonium latifolium* leaves / B. Rathinasabapathi et al. // Plant Physiologia. – 2001. – №126. – C. 1241–1249.
16. Suresh, B.  $\beta$ -alanine N-methyltransferase of *Limonium latifolium*. cDNA cloning and functional expression of a novel N-methyltransferase implicated in the synthesis of the osmoprotectant beta-alanine betaine / Suresh Babu Raman et al. // Plant Physiologia. – 2003. – №132. – C. 1642-1651.

Белова В.С.<sup>1</sup>, Кокоулин М.С.<sup>2</sup>

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЛИПООЛИГОСАХАРИДА МОРСКОЙ ГРАМОТРИЦАТЕЛЬНОЙ БАКТЕРИИ *KANGIELLA JAPONICA* КММ 3897

<sup>1</sup>Департамент химии и материалов ИНТИПМ ДВФУ

<sup>2</sup>Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН

<sup>1</sup>Научный руководитель - к.х.н., с.н.с. М.С. Кокоулин

Мировой океан — самый обширный и наименее изученный биотоп на планете Земля, где грамотрицательные бактерии являются неотъемлемым компонентом и представляют значительную часть микробных сообществ. На большей части морской среды обитания преобладают низкие температуры, низкие концентрации питательных веществ, высокое гидростатическое давление, повышенная соленость, и выживание в этих условиях требует сложного набора физиологических, морфологических и метаболических адаптивных стратегий. Большинство грамотрицательных бактерий снаружи покрыты специфическим типом гликоконъюгатов — липополисахаридами (ЛПС), которые представляют собой основной компонент внешней мембранный клеточной стенки. Этот липогликан обычно имеет трехмерную структурную организацию и состоит из липида А, олигосахарида кора, который связан с липидом А через остаток 3-дезокси-D-манно-окт-2-улозоновой кислоты (Kdo) и О-специфического полисахарида (ОПС). Молекула полностью достроенного ЛПС (S-форма) характерна для большинства встречающихся в природе диких штаммов бактерий, образующих колонии гладкой формы. Потеря в процессе биосинтеза ОПС приводит к появлению шероховатых колоний, и их ЛПС (R-форма, липоолигосахарид, ЛОС) содержит только липид А и олигосахарид кора. Структура ЛПС, особенно липида А и олигосахарида кора, имеет решающее значение для целостности, гибкости и текучести внешней мембранный, а также для нормальной физиологии и роста микроорганизмов.

С другой стороны, ЛПС морских грамотрицательных бактерий, характеризующиеся необычными структурными особенностями, рассматриваются как потенциальные ингибиторы передачи сигналов, опосредованных Толл-подобным рецептором 4 (TLR4). Немногочисленные исследования выявили специфические и необычные химические структуры ЛПС морских бактерий, что нашло отражение в интересном иммунологическом поведении, которое включает очень слабую иммуностимулирующую активность или даже антагонистические свойства. Исследование структур ЛПС морских бактерий, безусловно, является фундаментальной отправной точкой для понимания молекулярных основ, лежащих в основе процессов адаптации, но также чрезвычайно важно для перспективы реализации их как новых иммунотерапевтических препаратов направленного действия.

В данной работе представлены результаты структурного исследования ЛОС из морской грамотрицательной бактерии *Kangiella japonica* КММ 3897. Показано, что для ЛОС основными являются 11:0(3-OH) и 11:0 жирные кислоты, а липид А представляет собой смесь гекса-, пента- и тетраацилированных изоформ, несущих одну или две фосфатных группы в канонических положениях. Олигосахарид кора *K. japonica* КММ 3897 представляет собой трисахарид, построенный из остатков 2-амино-2-дезокси-D-глюкозы, D-глицеро-D-манно-гептозы и Kdo, сульфатированного по положению O-4. Учитывая особенности структуры, ЛОС из *K. japonica* КММ 3897 потенциально может обладать антагонистическими свойствами по отношению к ЛПС патогенных микроорганизмов и заслуживает изучения его иммуномодулирующих свойств.

Береш А.А.<sup>1,2</sup>, Ананьев А.А.<sup>2</sup>, Киселев К.В.<sup>2</sup>

## ВЛИЯНИЕ СВЕРХЭКСПРЕССИИ ГЕНА *VaCCaMK* И ЕГО СПЛАЙСИРОВАННЫХ ФОРМ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ВИНОГРАДА *VITIS AMURENSIS RUPR.* К АБИОТИЧЕСКОМУ СТРЕССУ

<sup>1</sup> Кафедра биохимии и биотехнологии ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН

<sup>1</sup> Научный руководитель - к.б.н., в.н.с. К.В. Киселев

Кальций является важным макроэлементом растений, который необходим для их нормального роста и развития. Он участвует в механизмах защиты от патогенов, адаптации к стрессовым условиям, а также активизирует ферменты, что играют роль в разнообразных биохимических процессах в растениях. Одним из семейств белковых киназ, которые играют важную роль в регуляции клеточных процессов в ответ на изменения концентрации кальция в клетке, являются кальций/кальмодулин-зависимые протеинкиназы или CCSaMK [1]. Когда концентрация кальция растет, кальций связывается с кальмодулином (CaM) и этот комплекс Ca<sup>2+</sup>/CaM взаимодействует с CCSaMK, что в свою очередь фосфорилируют другие белки, изменяя их активность и функции. Изучение CCSaMK в растениях имеет важное значение для понимания сигнальных путей и механизмов регуляции в растительных клетках. Расширение знаний в этой области может привести к разработке новых методов улучшения сельского хозяйства, контролю болезней растений и повышению их устойчивости к стрессам.

Данное исследование проводили на генетически модифицированных клеточных культурах винограда *V. amurensis* со сверхэкспрессией генов *CCaMK* в условиях, имитирующих абиотические стрессы. Контрольные культуры клеток *V. amurensis* культивировали в темноте в течение 35 суток при температуре 24–25°C в пробирках, содержащих 7 мл твердой среды WB/A [2]. Биомасса инокулята составляла 0.14–0.17 г. Солевой стресс в клеточной культуре индуцировали добавлением NaCl в питательные среды в концентрациях 0.05 и 0.1 М. В качестве осмотического стресса использовался маннитол в концентрациях 0.2 и 0.3 М. Для индукции холодового и теплового стрессов культуры клеток культивировали в климатических камерах при 16 и 33°C, соответственно. В роли контроля использовали клеточную линию KA0.

В генетически измененных культурах клеток *V. amurensis* не удалось выявить устойчивости к абиотическим стрессовым факторам. Более того, содержание вторичных метаболитов (на примере стильтенонов) существенно не изменялось. Однако было замечено достоверное увеличение прироста сырой и сухой массы клеток за исследуемый промежуток времени по сравнению с контрольной группой. Прирост сырой биомассы по отношению к контролю увеличился в 1.1–1.7 раза, сухой биомассы в 1.1–1.8 раза.

По результатам исследования стало ясно, что гены *CCaMK* не влияют на восприимчивость клеток растений к солевому, осмотическому и температурному стрессам. Тем не менее полученные данные позволяют предположить, что *CCaMK* выступают в качестве положительного регулятора роста и развития клеток винограда.

*Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда (грант № 22-16-00078).*

### *Список литературы*

1. Тарчевский, И.А. Сигнальные системы клеток растений / И.А. Тарчевский. - М.: Наука, 2002. – 294 с.

2. Dubrovina, A.S. Resveratrol content and expression of phenylalanine ammonia-lyase and stilbene synthase genes in *rolC* transgenic cell cultures of *Vitis amurensis* / A.S. Dubrovina, A.Y. Manyakhin, Y.N. Zhuravlev, K.V. Kiselev // Appl Microbiol Biotechnol. – 2012. – Vol. 88. – P. 727-736.

---

Бурылова А.Л.<sup>1,2</sup>, Сабуцкий Ю.Е.<sup>2</sup>, Менчинская Е.С.<sup>2</sup>

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НОВЫХ ТИОГЛИКОЗИДНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 1,4-НАФТОХИНОНА

<sup>1</sup> Кафедра биохимии и биотехнологии ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН

<sup>1</sup> Научный руководитель – к.б.н., н.с. Е.С. Менчинская

Одной из задач современной биохимии является установление функциональных свойств биохимических соединений и их внедрение в медицину в качестве лечебных препаратов и инструментов управления биологическими системами.

Природные 1,4-нафтохионы (1,4-НХ) представляют собой вторичные метаболиты, обладающие широким спектром биологической активности. Для этих соединений отмечены такие свойства как антимицробная, противовоспалительная и противогрибковая активность. А также 1,4-НХ обладают выраженной цитотоксичностью. Модификация природных соединений может приводить к получению веществ с усиленной или новой биологической активностью.

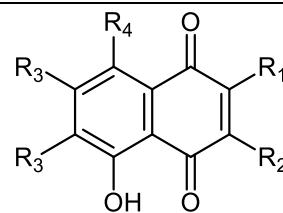
Все вышесказанное свидетельствует об актуальности исследования производных 1,4-НХ, так как это может дать новые знания о механизме действия этих природных биорегуляторов и способствовать созданию препаратов, которые станут необходимы человеку в дальнейшем.

Целью работы является изучение биологической активности 40 новых тиогликозидных производных замещенных 1,4-нафтохионов, полученных в лаборатории органического синтеза ТИБОХ ДВО РАН (таблица), в отношении различных линий опухолевых клеток человека.

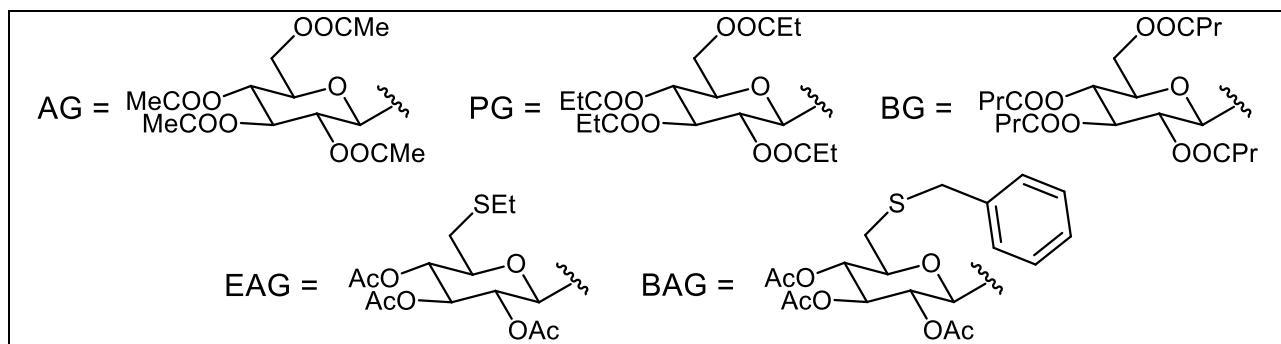
Было проведено сравнительное исследование действия тиогликозидных производных 1,4-нафтохинона на различных линиях опухолевых клеток человека: нейробластомы SH-SY5Y, аденокарциномы толстого кишечника НСТ-116, лейкемии ТНР-1 и аденокарциномы шейки матки Hela. Для сравнения использовали неопухолевую клеточную линию почек эмбриона человека НЕК-293. Наиболее чувствительной к действию 1,4-НХ оказалась клеточная линия рака шейки матки Hela по сравнению с другими опухолевыми клетками, поэтому ее выбрали для дальнейшего изучения влияния тиогликозидных производных 1,4-нафтохионона на пролиферацию, миграцию и образование колоний. В ходе работы были отобраны наиболее активные тиогликозидные производные: U-697 (5), U-704 (12), U-732 (39), U-733 (40) (таблица), проявляющие выраженное цитотоксическое действие в микромолярном диапазоне концентраций, с EC<sub>50</sub>≤10 мкМ. Установлено, что исследованные тиогликозидные производные статистически достоверно блокируют рост колоний и тормозят миграцию опухолевых клеток линии Hela. Так, U-697 (5), U-732 (39) и U-733 (40) в концентрации 2 мкМ ингибируют рост колоний опухолевых клеток на 90% и более. Также стоит отметить, что U-732 (39) и U-733 (40) при концентрации 1 мкМ ингибиуют рост колоний опухолевых клеток на 55% и 80%, соответственно. При действии U-732 (39) и U-733 (40) в концентрациях 1 и 2 мкМ наблюдался эффект торможения и полного блокирования миграции клеток.

Таблица

Химическая структура тиогликозидных производных 1,4-нафтохинона



№	Код	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
1	U-693	OH	BAGSCH <sub>2</sub>	Cl	OH
2	U-694	OMe	BAGSCH <sub>2</sub>	Cl	OH
3	U-695	OEt	BAGSCH <sub>2</sub>	Cl	OH
4	U-696	OEt	AGSCH <sub>2</sub>	Cl	OH
5	U-697	OEt	AGSCH <sub>2</sub>	Cl	OH
6	U-698	OH	EAGSCH <sub>2</sub>	Cl	OH
7	U-699	OMe	EAGSCH <sub>2</sub>	Cl	OH
8	U-700	OEt	EAGSCH <sub>2</sub>	Cl	OH
9	U-701	OH	AGSCH <sub>2</sub>	H	H
10	U-702	AGSCH <sub>2</sub>	OH	H	H
11	U-703	OMe	AGSCH <sub>2</sub>	H	H
12	U-704	AGSCH <sub>2</sub>	OMe	H	H
13	U-705	OH	PGSCH <sub>2</sub>	H	OH
14	U-706	OH	PGSCH <sub>2</sub>	Cl	OH
15	U-708	OMe	PGSCH <sub>2</sub>	H	OH
16	U-709	OMe	PGSCH <sub>2</sub>	Cl	OH
17	U-710	OH	EAGSCH <sub>2</sub>	H	OH
18	U-711	OH	BAGSCH <sub>2</sub>	H	OH
19	U-712	OH	EAGSCH <sub>2</sub>	H	H
20	U-713	EAGSCH <sub>2</sub>	OH	H	H
21	U-714	OH	BAGSCH <sub>2</sub>	H	H
22	U-715	BAGSCH <sub>2</sub>	OH	H	H
23	U-716	OH	PGSCH <sub>2</sub>	H	H
24	U-717	PGSCH <sub>2</sub>	OH	H	H
25	U-718	OH	BGSCH <sub>2</sub>	Cl	OH
26	U-719	OMe	BGSCH <sub>2</sub>	Cl	OH
27	U-720	OH	BGSCH <sub>2</sub>	H	OH
28	U-721	OMe	BGSCH <sub>2</sub>	H	OH
29	U-722	OMe	EAGSCH <sub>2</sub>	H	H
30	U-723	EAGSCH <sub>2</sub>	OMe	H	H
31	U-724	OMe	BAGSCH <sub>2</sub>	H	H
32	U-725	BAGSCH <sub>2</sub>	OMe	H	H
33	U-726	OMe	PGSCH <sub>2</sub>	H	H
34	U-727	PGSCH <sub>2</sub>	OMe	H	H
35	U-728	OH	BGSCH <sub>2</sub>	H	H
36	U-729	BGSCH <sub>2</sub>	OH	H	H
37	U-730	OMe	BGSCH <sub>2</sub>	H	H
38	U-731	BGSCH <sub>2</sub>	OMe	H	H
39	U-732	OMe	EAGSCH <sub>2</sub>	H	H
40	U-733	OMe	BAGSCH <sub>2</sub>	H	H



Волкова А.Л.<sup>1,2</sup>

## ПЕРСПЕКТИВЫ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ОФИУР (ECHINODERMATA:OPHIUROIDEA)

<sup>1</sup> Кафедра клеточной биологии и генетики ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН

<sup>2</sup> Научный руководитель - к.б.н., в.н.с Т.Н. Даутова

Класс Ophiuroidea обладает уникальной анатомией, физиологией и эволюционной историей. На сегодняшний день офиуры остаются наименее изученным классом иглокожих, однако исследования в области нейроонтогенеза офиур набирают популярность последние 10 лет. Не существует однозначного понимания, как устроена анатомия мягких тканей, в том числе осевого комплекса офиур [1]. Несмотря на то, что исследования по вышеупомянутым темам проводятся уже более ста лет, остается целый ряд вопросов, касающихся функционирования организма змеевосток, особенно нервной и сенсорной системы.

Змеевосток (офиур) от остальных классов иглокожих отличает физиология опорно-двигательного аппарата, который позволяет им быстро перемещаться в пространстве, однако возможности локомоторной функции и ее происхождение остаются плохо изученными [2]. В 2023 году группа исследователей провела эксперимент, доказывающий способность офиур к запоминанию и обучаемости, что является перспективной темой для дальнейшего изучения нейробиологических процессов в децентрализованных нервных системах [3].

Продолжаются споры о механизмах осуществления змеевостоками фототаксиса. В 1990 году вышла статья, в которой была описана фоторецепторная система *Ophiosoma wendtii* Müller & Troschel, 1842 [4]. В 2001 году в журнале Nature была опубликована статья, в которой обсуждалось участие микроструктуры скелета *Ophiosoma wendtii* в фоторецепторной системе в качестве линзы, целиком тело офиуры описано в данном исследовании как «сложный глаз» [5]. В дальнейшем многие исследования были проведены на основе принятия выводов 2001 года, но в 2018 году опубликованы результаты другого исследования, ставящее под сомнение оптические функции склеритов змеевостоки этого же вида [6]. Однако, последние 5 лет продолжали выходить статьи, в основу которых взято предположение о склеритах *O. wendtii*, как о микролинзах.

Процесс личиночного развития в целом, и в частности нейроонтогенез личинок офиур, также является перспективным предметом исследований [7], работа в рамках которых сможет пролить свет на вышеописанные и некоторые другие нерешенные задачи.

*Список литературы*

1. Ezhova, O.V. Microscopic anatomy of the axial complex and associated structures in the brittle star *Ophiura robusta* Ayres, 1854 (Echinodermata, Ophioidea) / O.V. Ezhova et al. // Zoomorphology. – 2015. – Vol. 134. – P. 247-258.
2. Clark, E.G. Ophiuroid locomotion from fundamental structures to integrated systems / E.G. Clark // Zoosymposia. – 2019. – Vol. 15. – P. 13-22.
3. Notar, J.C. Learning without a brain: classical conditioning in the ophiuroid *Ophiocoma echinata* / J.C. Notar, M.C. Go, S. Johnsen et al. // Behavioral Ecology and Sociobiology. – 2023. – Vol. 77. – №. 11. – P. 126.
4. Stubbs, T.R. A new ciliary feeding structure in an ophiuroid echinoderm / T.R. Stubbs, J.L.S. Cobb et al. // Tissue and Cell. – 1982. – Vol. 14. – №. 3. – P. 573-583.
5. Aizenberg, J. Calcitic microlenses as part of the photoreceptor system in brittlestars / J. Aizenberg et al. // Nature. – 2001. – Vol. 412. – №. 6849. – P. 819-822.
6. Sumner-Rooney, L. Whole-body photoreceptor networks are independent of ‘lenses’ in brittle stars / L. Sumner-Rooney et al. // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2018. – Vol. 285. – №. 1871. – P. 20172590.
7. Gliznatsa, L. A. Cell differentiation during the larval development of the ophiuroid *Amphipholis kochii* Lütken, 1872 (Echinodermata: Ophioidea) / L.A. Gliznatsa, S.S. Dautov et al. // Russian Journal of Marine Biology. – 2011. – Vol. 37. – P. 384-400.

---

Дегтярева В.С.<sup>1</sup>, Васюткина Е.А.<sup>2</sup>, Шкрыль Ю.Н.<sup>2</sup>

**ИЗУЧЕНИЕ НОВОГО НАД<sup>+</sup>-СВЯЗЫВАЮЩЕГО БЕЛКА ИЗ ИРОМОЕА БАТАТАС**

<sup>1</sup>Департамент медицинской биологии и биотехнологии ДВФУ

<sup>2</sup>Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН

<sup>1</sup>Научный руководитель – к.б.н., с.н.с. Ю.А. Югай

Сладкий картофель (*Iromoaea batatas*) является одной из основных продовольственных культур во всем мире, которая используется не только как источник питания для людей, кормовая добавка для животных, а также для производства крахмала или как альтернативный источник биоэнергии [1]. В то же время листья данного растения – это кладезь различных биологически активных веществ, проявляющих разного рода активности: антиоксидантную, противоопухолевую, антибактериальную и т.д. [2].

В последнее время всё более пристальное внимание научного сообщества привлекают агробактериальные гены в качестве природного инструмента для регулирования функционально-значимых характеристик культурных растений. В связи с выявлением в геномах большого числа привычных растений элементов Т-ДНК агробактерий (т.н. клеточные Т-ДНК), многие страны на законодательном уровне допускают возможность культивирования и использования растений, экспрессирующих данные гены в виду естественного механизма их переноса. *In silico* обнаружение НАД<sup>+</sup>-связывающего белка в клеточной Т-ДНК сладкого картофеля впервые позволяет экспериментально подтвердить его существование в природно-трансгенном растении и исследовать функциональные свойства. Данные биоинформационного моделирования третичной структуры с высокой степенью достоверности свидетельствуют о наличии в его последовательности консервативных мотивов – укладки Россмана (типична для НАД/НАДФ/ФАД-связывающих белков) и НАД-связывающей петли. Подобные структурные элементы, в частности, характерны для представителей дегидрогеназ, редуктаз и циклодеаминаз из различных про- и эукариот. Мы

предполагаем, что обнаруженный белок может иметь схожие функции с RolD [3] и проявлять орнитин циклодеаминазную активность, т.е. превращать L-орнитин в L-пролин. Стоит отметить, что у растений нет аналогов орнитин циклодеаминазы, а пролин синтезируется преимущественно из глутамата. В связи с вышесказанным, мы сравнили аминокислотные последовательности ближайших гомологов и выявили высокое сходство с орнитин циклодеаминазами других организмов [4], из чего можно выдвинуть предположение, что организмы, имеющие RolD подобные белки, будут проявлять орнитин циклодеаминазную активность. С другой стороны, высказанная гипотеза не нашла подтверждения, поскольку гомолог белка орнитин синтазы из *Arabidopsis thaliana* не проявлял тех же свойств, что и орнитин циклодеаминаза [5].

Таким образом, на первом этапе исследования важной задачей является изучение влияния нового НАД<sup>+</sup>-связывающего белка на морфофункциональные свойства модельного растения *Arabidopsis thaliana*, а также изучение молекулярных механизмов регуляции экспрессии защитных генов, связанных с устойчивостью, и выявление взаимосвязи этого феномена с устойчивостью трансформированных клеток растений к стрессовым факторам.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-74-01082, <https://rscf.ru/project/23-74-01082/>.*

#### *Список литературы*

1. Liu, Q. Improvement for agronomically important traits by gene engineering in sweetpotato / Q. Liu et al. // Breeding Science. – 2017. – №1. – С. 15–26.
2. Nguyen, H.C. Bioactive compounds, antioxidants, and health benefits of sweet potato leaves / H.C. Nguyen et al. // Molecules. – 2021. – С. 1–13.
3. Швец, Д.Ю. *rol*-гены агробактерий: возможные биологические функции / Д.Ю. Швец и др. // Успехи современной биологии. – 2023. – Том 143. – №5. – С. 487–505.
4. Trovato, M. The plant oncogene *rolD* encodes a functional ornithine cyclodeaminase / M. Trovato et al. // PNAS. – 2001. – №23. – С. 13449–13453.
5. Sharma, S. Functional characterization of an ornithine cyclodeaminase-like protein of *Arabidopsis thaliana* / S. Sharma et al. // BMC Plant Biology. – 2013. – С. 1–15.

---

Днепровская А.А.<sup>1,2</sup>, Нитяговский Н.Н.<sup>2</sup>, Алейнова О.А.<sup>2</sup>, Киселёв К.В.<sup>2</sup>

#### **РАЗРАБОТКА МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ ВОЗБУДИТЕЛЯ ЛОЖНОЙ МУЧНИСТОЙ РОСЫ ВИНОГРАДА *PLASMOPARA VITICOLA* НА ОСНОВЕ ПЦР С ДЕТЕКЦИЕЙ РЕЗУЛЬТАТОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ**

<sup>1</sup>Кафедра биохимии и биотехнологии ИМО ДВФУ

<sup>2</sup>Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН

<sup>1</sup>Научный руководитель – м.н.с. Н.Н. Нитяговский

*Plasmopara viticola* (Berk. & M.A. Curtis) Berl. & de Toni — это оомицет, который является возбудителем ложной мучнистой росы винограда. Симптомы данного заболевания винограда включают в себя: появление спорангиев и спорангиеносцев, которые выглядят как белая или серая оболочка на внешней поверхности листа, и желтых пятен на внутренней части листа, а также деформацию листьев, снижение роста и урожайности винограда. Если инфекция не контролируется, она может привести к полному уничтожению урожая. Визуально зараженность растения данным патогеном можно обнаружить только на поздних стадиях развития, когда активно проявляются

внешние симптомы. Поэтому разработка методов раннего выявления *P. viticola* является важной задачей для перехода к высокопродуктивному и экологически чистому агрохозяйству.

Нами было разработано по две пары праймеров для трех консервативных участков генома *P. viticola*, а именно *internal transcribed spacer 1 (PvITS1)*, *cytochrome C oxidase subunit I (PvCOX1)* и *cytochrome C oxidase subunit II (PvCOX2)*, для раннего выявления патогена с помощью количественного ПЦР с детекцией результатов в реальном времени по технологии SYBR Green (ПЦР РВ). В ходе работы, было проанализировано 34 образца винограда: дикорастущий виноград *Vitis amurensis* Rupr. и *Vitis coignetiae* Pulliat, произрастающие на различных участках Дальнего Востока России, а также сортовой виноград *Vitis vinifera* × *V. amurensis* cv. Адель, *Vitis riparia* × *V. vinifera* cv. Мукузани (плодовый питомник «ЛПХ Макаревич», Приморский край), *Vitis labrusca* × *V. riparia* cv. Альфа и *Vitis* cv. Прэри стар (виноградник «PRIM ORGANICA», Приморский край). Стоит отметить, что 2 образца винограда *V. amurensis*, собранные на «ЛПХ Макаревич», имели внешние симптомы заражения ложной мучнистой росой. Полученные данные сверялись с результатами высокопроизводительного секвенирования (NGS) ампликонов (*ITS1f/ITS2* регион), выполненного в 2022 году на базе ООО «Синтол».

В ходе экспериментов были отобраны три пары наиболее эффективно показавших себя праймеров: PvITS1\_1-real-s/a эффективность ПЦР РВ составила 98%, PvITS1-2-real-s/a – 102%, PvCox1\_1-real-s/a – 107%. Анализ данных ПЦР РВ показал наличие *P. viticola* в 4 пробах винограда из 34, а именно в листьях винограда, собранных на острове Рикорда, в образцах *Vitis coignetiae*, собранных на о. Сахалин, и в образцах винограда, пораженного милдью из «ЛПХ Макаревич». Разработанные праймеры для ПЦР РВ показали свою эффективность для ранней детекции *P. viticola*, так как полученные данные имели среднюю положительную корреляцию по Спирмену с результатами NGS. Наиболее хорошо себя показала пара праймеров PvCox1\_1-real-s/a, коэффициент корреляции которой составил 55%.

Таким образом, ПЦР РВ с разработанной в нашей лаборатории парой праймеров PvCox1\_1-real-s/a можно использовать для ранней диагностики возбудителя ложной мучнистой росы *P. viticola*.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-74-10001, <https://rscf.ru/project/22-74-10001/>.*

---

Заварзина Л.Д.<sup>1</sup>, Любимов С.Д.<sup>1</sup>

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖБЕЛКОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В РАМКАХ СОЛИТОННОЙ МОДЕЛИ НА ПРИМЕРЕ АМИЛИНА ЧЕЛОВЕКА

<sup>1</sup>Тихоокеанский квантовый центр ДВФУ

Научный руководитель – PhD Корнеев А.А.<sup>1</sup>

Некоторые белки обладают способностью образовывать агломераты при различных условиях окружающей среды, что приводит как к понижению их биологической активности, так и к полной утрате их функций. Исследование механизма возникновения коагрегированных протеинов может выявить этиологию и разработать методы профилактики таких нейродегенеративных заболеваний, как болезнь Паркинсона, Альцгеймера и Гентингтона [1].

Солитонная модель, основанная на подходе Ландау-Гинзбурга-Вильсона [2], позволяет моделировать температурную динамику одноцепочечных белков. В рамках данного подхода структура белка представляется в виде мультисолитонной конфигурации, а углы кривизны ( $\kappa$ ) и кручения ( $\tau$ ),

являющиеся геометрическими инвариантами для описания пространственного расположения С-атомов. В данных терминах энергия белковой молекулы зависит от значений углов и параметров отдельных солитонов ( $b, c, m, q, d, e$ ):

$$E_k = - \sum_{i=1}^{N-1} 2\kappa_{i+1}\kappa_i + \sum_{i=1}^N \{2\kappa_i^2 + c(\kappa_i^2 - m^2)^2 + b\kappa_i^2\tau_i^2 + q\kappa_i^2\tau_i + d\tau_i + e\tau_i^2\}, \quad (1)$$

В данной работе, для учёта нескольких цепей, в энергию вводится потенциал Леннарда-Джонса [3] в форме, где Ван-дер-Ваальсовое взаимодействие попарно зависит от аминокислотной последовательности, содержащееся в параметрах ( $\epsilon_{ij}^0, r_{ij}^{min}$ ):

$$LJ_{m,n} = \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \in \text{цепь } m, \\ j \in \text{цепь } n}}^N \epsilon_{ij}^0 \left\{ 3 \left( \frac{r_{ij}^{min}}{r_{ij}} \right)^8 - 4 \left( \frac{r_{ij}^{min}}{r_{ij}} \right)^6 \right\}, \quad (2)$$

Таким образом, предполагаемая общая модель представляет собой комбинацию теоретико-полевого подхода (1) и классических методов молекулярной динамики (2). Полная энергия записывается как сумма потенциала взаимодействия и энергий мультисолитонных конфигураций, отвечающих за вклад отдельной цепи в энергию:

$$E = \sum_{i=1}^M E_{k,i} + \sum_{m,n=1}^{M,M>n} LJ_{mn}, \quad (3)$$

В рамках данного исследования подход применяется для изучения возможности агрегации амилина человека, структура которого взята из банка белков, код 2L86 [4]. Данный полипептид интересен тем, что при большой своей концентрации, например, при диабете 2-ого типа, образует фибриллы [5]. Для получения конечной структуры и исследования ее стабильности моделируется температурная динамика алгоритмом Глаубера. В рамках начальной конфигурации производится ее нагрев до температуры, соответствующей фазе свободного блуждания, а затем начинается процесс охлаждения, в результате которого получается стабильный агрегат, что можно увидеть из полученного минимума полной энергии (рисунок 1). На рисунке 2 представлена трёхмерная структура полученной фибриллы, состоящая из трёх цепей.

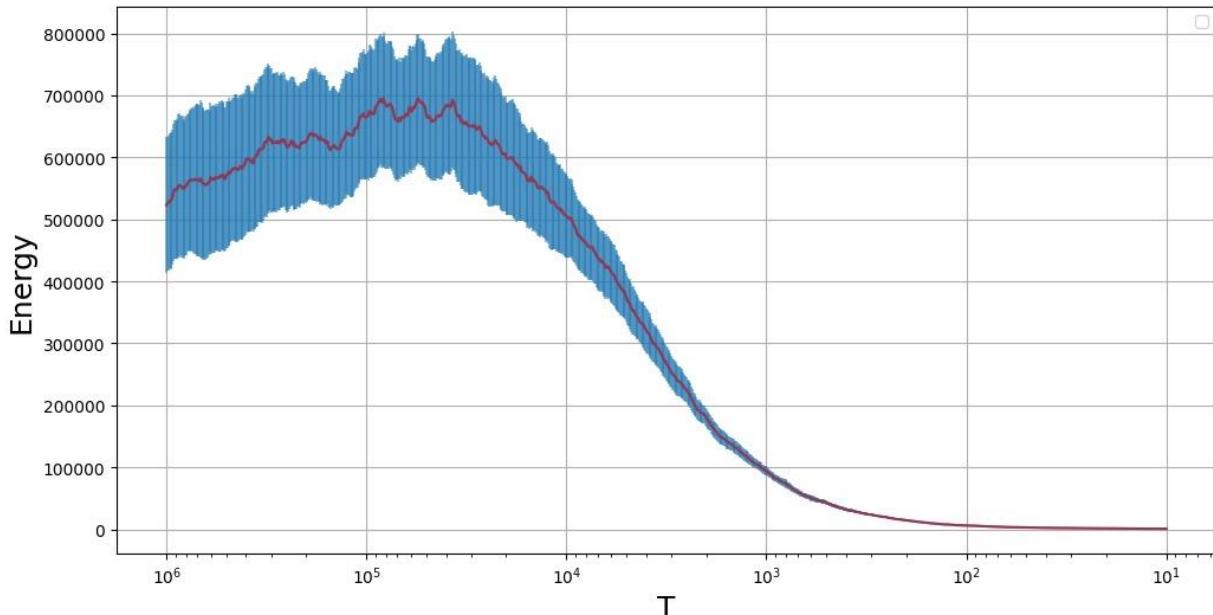


Рисунок 1 – График зависимости энергии от температуры Глаубера.  
Красной линией обозначена средняя энергия нескольких траекторий.

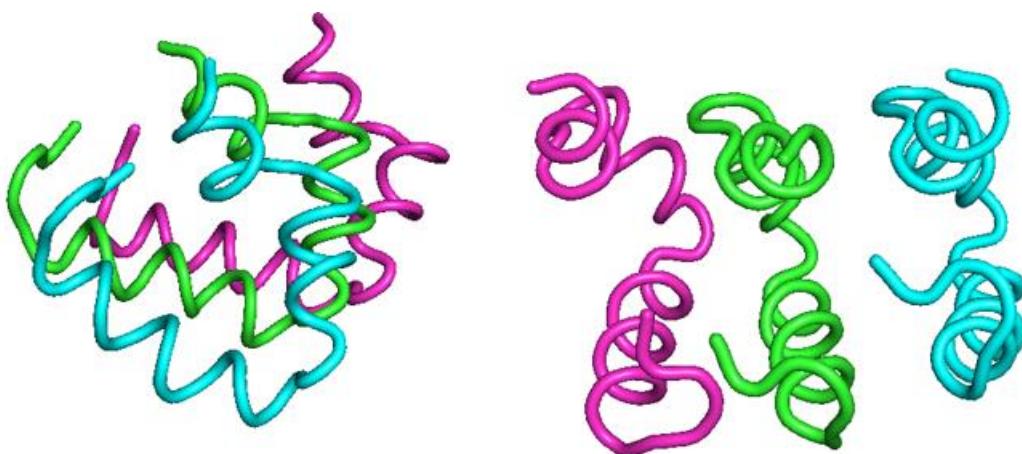


Рисунок 2 – Трёхмерная структура трёхцепочечной фибриллы амилина.

Выполнено в рамках гос. задания Минобрнауки России №FZNS-2024-0002.

#### Список литературы

1. Wang, W. Protein aggregation - Pathways and influencing factors / W. Wang, S. Nema, D. Teagarden et al. // International Journal of Pharmaceutics. — 2010. — № 390. — P.89-99.
2. Antti J. Niemi. Gauge field, strings, solitons, anomalies and the speed of life / Antti J. Niemi // Theoretical and Mathematical Physics. — 2014. — № 181. — P.1235-1262.
3. Levitt, M.A. Simplified Representation of Protein Conformations for Rapid Simulation of Protein Folding / M. Levitt // Journal of Molecular Biology. — 1976. — № 104. — P.59-107.
4. Nanga, R.P.R. Brender, J.R. Structure and membrane orientation of IAPP in its natively amidated form at physiological pH in a membrane environment / R.P.R. Nanga, J.R. Brender // Elsevier. — 2011. — № 1808. — P.2337-2342.
5. Goldsbury, C. Amyloid Fibril Formation from Full-Length and Fragments of Amylin / C. Goldsbury, K. Goldie, J. Aebi et al. // Journal of Structural Biology. — 2000. — № 130. — P. 352-362.

---

Затолока Д.А.<sup>1</sup>, Калинина К.А.<sup>2</sup>

#### ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ В СЕМЕЙСТВЕ PSILOSTOMATIDAE (TREMATODA) НА ОСНОВЕ МИТОХОНДРИАЛЬНОГО МАРКЕРА NAD1

<sup>1</sup>Кафедра клеточной биологии и генетики ИМО ДВФУ

<sup>2</sup>НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Г. П. Сомова Роспотребнадзора

<sup>1</sup>Научный руководитель – м.н.с. К. А. Калинина

Паразитические черви, принадлежащие к семейству Psilostomatidae Odhner, 1913, распространены по всему миру. Для них характерен сложный жизненный цикл, проходящий со сменой одного либо двух промежуточных хозяев, а окончательный представлен преимущественно птицами, часть из которых имеет сельскохозяйственное значение [3]. На данный момент некоторые таксоны внутри семейства Psilostomatidae имеют неоднозначное систематическое положение [1]. Поэтому в настоящем исследовании впервые для представителей родов *Psilotrema* и *Sphaeridiotrema* были получены данные по гену *nad1* mtДНК, который может служить дополнительным маркером для анализа филогенетических отношений внутри семейства Psilostomatidae.

В работе выявлено, что митохондриальный маркер *nad1* более чувствителен, чем ядерный ген 28S рРНК, применяемый ранее для уточнения таксономического статуса представителей псилостоматид. На основе анализа филогенетических реконструкций по гену 28S рРНК представителей родов *Macracetabulum*, *Longisaccus*, *Byrdtrema* объединили с родом *Neopsilotrema* [1,2], в то время как данные по гену *nad1* мтДНК позволили выделить рода *Byrdtrema* и *Longisaccus* в качестве самостоятельных групп. Однако, стоит отметить, что морфологические критерии, подтверждающие данное выделение, имеются только для рода *Longisaccus*. Помимо этого, ранее на основе ядерного маркера было сделано предположение, что виды, обозначенные как представители рода *Sphaeridiotrema*, можно разделить на два отдельных рода [1]. Результаты, полученные при помощи митохондриального маркера *nad1*, не подтвердили это предположение.

Таким образом, в работе было показано, что при анализе филогении представителей семейства Psilostomatidae на основе молекулярно-генетических данных необходимо учитывать результаты как по ядерным, так и по митохондриальным маркерам. При этом маркер *nad1* мтДНК обладает большей дифференцирующей способностью при анализе близкородственных отношений.

#### *Список литературы*

1. Kalinina, K.A. New species of *Psilotrema* and *Sphaeridiotrema* (Psilostomidae Odhner, 1913) in the east Asian region: morphology of developmental stages and genetic data / K.A. Kalinina et al. // Parasitology International. – 2022. – Vol. 88. – P. 1–12.
2. Kudlai, O. The Psilostomidae Looss, 1900 (*sensu stricto*) (Digenea: Echinostomatoidea): description of three new genera and a key to the genera of the family / O. Kudlai et al. // Systematic Parasitology. – 2017. – Vol. 94. – P. 21–33.
3. Tkach, V.V. Molecular phylogeny and systematics of the Echinostomatoidea Looss, 1899 (Platyhelminthes: Digenea) / V.V. Tkach et al. // International Journal for Parasitology. – 2016. – Vol. 46. – Is. 3. – P. 171–185.

---

Кашина А.А.<sup>1</sup>, Завальная Е.Г.<sup>1,2</sup>

#### **ИДЕНТИФИКАЦИЯ БЕЛКА PIWI В КЛЕТКАХ ЦЕЛОМИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ ТРЕПАНГА APOSTICHOPUS JAPONICUS ПОСЛЕ ЭВИСЦЕРАЦИИ**

<sup>1</sup> Кафедра клеточной биологии и генетики ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН

Научный руководитель – к.б.н., н.с., старший преподаватель Е.Г. Завальная

Иглокожие обладают способностью к восстановлению тканей, благодаря чему их часто используют в качестве модельных объектов для изучения процессов регенерации [3]. В частности, представитель иглокожих, трепанг *Apostichopus japonicus*, обладает эвисцерацией – защитным механизмом, в ходе которого в ответ на изменения окружающей среды животное выбрасывает часть своих внутренних органов с их последующей регенерацией [1]. Вместе с внутренними органами утрачивается значительный объем клеток целомической жидкости (ЦЖ) – важного компонента иммунной системы иглокожих. Механизмы быстрого восстановления клеток ЦЖ после эвисцерации у трепанга на сегодняшний день не исследованы. Ключевую роль в этом процессе могут играть стволовые клетки, циркулирующие в ЦЖ или мигрирующие из тканей [4]. Для проверки данной

гипотезы необходимо использование молекулярных маркеров «стволовости» – генов или продуктов их экспрессии, обнаруживающих свою активность только в стволовых клетках.

В данной работе в качестве маркера стволовых клеток был использован белок Piwi, экспрессирующийся в стволовых клетках зародышевой линии у всех животных, а также в соматических стволовых клетках многих беспозвоночных [2]. Целью данной работы являлся поиск белка Piwi в клетках ЦЖ трепанга *A. japonicus* в процессе их восстановления после эвисцерации. Используя метод иммуноцитохимии и антитела против белка Piwi, было показано, что среди клеток ЦЖ трепанга присутствуют клетки небольшого размера (3-5 мкм), характеризующиеся высоким ядерно-цитоплазматическим отношением, содержащие белок Piwi в цитоплазме. Исследование динамики численности Piwi-позитивных клеток в процессе восстановления клеток ЦЖ после эвисцерации показало, что, в то время как интактные животные имеют единичные меченные клетки, через 1 ч после эвисцерации количество меченых клеток резко возрастает на фоне общего понижения числа клеток ЦЖ. Спустя 24 ч количество Piwi-положительных клеток возвращается к значениям, близким к состоянию «нормы» (рисунок 1). Полученные данные свидетельствуют об участии Piwi-экспрессирующих клеток на ранних этапах восстановления ЦЖ трепанга после эвисцерации.

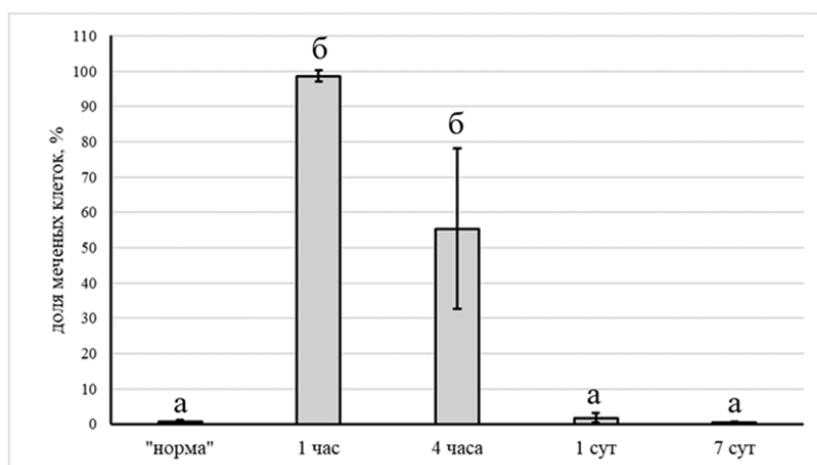


Рисунок 1 – Содержание Piwi-позитивных клеток в ЦЖ *Apostichopus japonicus* в «норме» и после эвисцерации

по оси ОХ – время после эвисцерации, по оси ОУ – доля иммунопозитивных клеток, выраженная в процентах; одинаковые буквенные индексы показывают отсутствие статистически значимых различий между значениями, при  $p < 0,05$  и  $n=3$

#### Список литературы

Долматов, И.Ю. Регенерация у голотурий / И.Ю. Долматов, В.С. Машанов. - Владивосток: Дальнаука, 2007. – 212 с.

Bak, C.W. Functions of PIWI proteins in spermatogenesis / C.W. Bak, T.K. Yoon, Y. Choi // Clinical and Experimental Reproductive Medicine. – 2011. – Vol. 38. – № 2. – P. 61-67.

Gahn, F.J. Evolutionary history of regeneration in Crinoids (Echinodermata) / F.J. Gahn, T.K. Baumiller // Integrative and Comparative Biology. – 2010. – Vol. 50. – № 4. – P. 514.

Petukhova, O. Small undifferentiated cells from starfish *Asterias rubens* L.: candidates to the role of progenitor cells / O. Petukhova, N. Sharlaimova, S. Shabelnikov, D. Bobkov, M. Martynova, O. Bystrova // Invertebrate Survival Journal. – 2018. – Vol. 15. – P. 111-112.

Кондратьева Д.С.<sup>1</sup>, Танкович А.Е.<sup>2</sup>

## ФОРМИРОВАНИЕ ДОФАМИНЕРГИЧЕСКОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ У ЛИЧИНОК МОРСКИХ ЕЖЕЙ

<sup>1</sup> Кафедра клеточной биологии и генетики ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского

Научный руководитель – к.б.н., с.н.с. А.В. Калачев

Морские ежи являются удобным объектом для изучения развития нервной системы. Во многом это связано с тем, что личинки данной группы морских беспозвоночных являются традиционным объектом исследования биологии развития. Кроме того, для морских ежей доступен обширный молекулярно-биологический инструментарий, имеются данные полногеномного секвенирования и другие «омиксные» данные («omics» data), такие, как транскриптомы и пептидомы, что позволяет детально исследовать различные аспекты личиночного развития. На сегодняшний день в литературе есть данные о формировании серотонинергической, ГАМКергической, FMRFамидергической, ацетилхолинергической и гистаминергической нервных систем [1]. Вместе с этим данные о развитии дофаминергической нервной системы у личинок морских ежей скучны, и зачастую ограничены ранними личиночными стадиями [2,3].

Целью нашей работы было сравнительное исследование формирования и организации дофаминергической нервной системы на разных стадиях развития личинок морских ежей *Mesocentrotus nudus*, *Strongylocentrotus intermedius* и *Scaphechinus mirabilis* с использованием лазерной сканирующей микроскопии.

Полученные данные свидетельствуют о том, что у всех исследованных видов первые дофаминергические нейроны появляются через 48 ч после оплодотворения в основании посторальных рук и в оральном ганглии. По мере развития личинок и роста посторальных рук число нейронов вдоль рук увеличивается. Отмечены нервные тракты в основании ресничных шнурков. Также отмечены нервные тракты в основании ресничных шнурков постлеродорсальной и преоральной пар рук. Увеличивается и количество нейронов в оральном ганглии. Через 6-7 дней после оплодотворения отмечаются дофаминергические нейроны в области пилорического и анального сфинктеров. В апикальном органе ни на какой стадии развития дофаминергических нейронов отмечено не было.

Полученные нами данные дополняют имеющуюся в литературе информацию о развитии и организации дофаминергической нервной системы у личинок морских ежей. Впервые показано наличие дофаминергических нейронов в пилорическом и анальном сфинктерах у *M. nudus* и *S. intermedius*. Вероятно, наличие дофаминергических нейронов в пилорическом и анальном сфинктерах характерно для всех личинок морских ежей.

### Список литературы

1. Díaz-Balzac, C.A. Echinoderm Nervous System / C.A. Díaz-Balzac, J.E. García-Arrarás // Oxford Research Encyclopedia of Neuroscience. - Oxford University Press, 2018.
2. Bisgrove, B.W. Development of the nervous system of the pluteus larva of *Strongylocentrotus droebachiensis* / B.W. Bisgrove, B.D. Burke // Cell and Tissue Research. – 1987. – Vol. 248. – P. 335–343.
3. Obukhova A.L. Selective visualization of monoamine uptake and synthesis system in sea urchin larvae *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) / A.L. Obukhova, M.Yu. Khabarova, E.E. Voronezhskaya // Invertebrate Zoology. – 2017. – Vol. 14. № 2. – P. 162–166.

Кондратьева Е. В.<sup>1</sup>, Шадрин И. Ю.<sup>2</sup>

**ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ РЕЦЕПТОРНОГО ПРОФИЛЯ И МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИММУНОКОМПЕТЕНТНЫХ КЛЕТОК ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МИКРОТОКСИКАНТОВ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ**

<sup>1</sup>Владивостокский филиал «ДНЦ ФПД» - НИИ МКВЛ

<sup>2</sup>Кафедра клеточной биологии и генетики ИМО ДВФУ

<sup>2</sup>Научный руководитель – д.б.н., профессор РАН Т. И. Виткина

Твёрдые взвешенные частицы (ТВЧ) – один из наиболее патогенных факторов загрязнения воздушной среды, оказывающих влияние на здоровье человека. Среди эффектов, оказываемых ТВЧ на организм человека, выделяют как касающиеся исключительно респираторной системы, так и более глобальные, затрагивающие многие иммунокомпетентные клетки (ИКК). Важное место среди них занимает запуск процессов апоптоза и некроза, изменение структурно-функциональных свойств митохондрий, повышение окислительного стресса [1, 5]. Подобные процессы приводят к системному воспалению, одним из основных цитокинов в котором является интерлейкин-6 (ИЛ-6). Именно он способствует хронизации процесса, сдвигая баланс образования Th-клеток в сторону Th-17 через сигнальные пути JAK/STAT-3 и Ras/ERK/C/EBP [4]. Вместе с этим наблюдается повышение количества иммунокомпетентных клеток, на поверхности которых экспрессируется рецептор к интерлейкину-6 – что тоже является маркером системного воспаления [2]. Значимым маркером воспалительного процесса является представленность рецептора к интерлейкину-2, свидетельствующая об активированном состоянии лимфоцитов [3]. Целью работы явилось установление ответной реакции ИКК на воздействие ТВЧ атмосферного воздуха г. Владивостока.

В ходе эксперимента *in vitro* были исследованы параметры образцов периферической крови 30 здоровых добровольцев (средний возраст  $40 \pm 3,5$  лет) до и после воздействия нагрузочной смеси. В качестве нагрузки использовали модельные смеси веществ, которые имеют схожий состав с реальными загрязнителями атмосферного воздуха г. Владивостока. Модельная взвесь ТВЧ содержала пепел, сажу, органические и синтетические вещества, минералы и металлы. Анализ процентного содержания CD25+, CD4+, CD8+, CD21+, CD95+, CD126+ проводили методом проточной цитофлюориметрии с использованием прибора BD FACSCanto II (США). Оценивали 2,5 миллиона событий. Определяли уровень некроза с использованием Аннексина V и пропидий йодида. В сыворотке крови исследовали уровень интерлейкина-6 (ВЕКТОР БЕСТ, Россия) и содержание малонового диальдегида ((MDA) (MyBioSource, США). Рассчитано отношение уровня параметра после воздействия микротоксикантами к аналогичному показателю до нагрузки взвесью – индекс нагрузки (рисунок 1). В программе «STATISTICA 10.0» определены медианные значения, интерквартильный размах, статистическая значимость различий между группами.

Как видно из рисунка, после нагрузки повышается количество активированных клеток адаптивного иммунитета – Т-хелперов (на 36%,  $p < 0,01$ ), Т-цитотоксических клеток (на 81%,  $p < 0,001$ ), В-лимфоцитов (на 36%,  $p < 0,01$ ). В лимфоцитарной популяции наблюдается усиление процесса апоптоза: на 63% в целом ( $p < 0,001$ ), на 54% среди Т-хелперов ( $p < 0,001$ ), на 44% среди В-лимфоцитов ( $p < 0,001$ ). Также увеличивается доля клеток, подверженных некрозу: в общей лейкоцитарной популяции – на 30% ( $p < 0,05$ ), среди лимфоцитов – на 21% ( $p < 0,05$ ), а среди нейтрофилов – на 83% ( $p < 0,001$ ). В меньшей степени увеличивается доля моноцитов (на 22%,  $p < 0,01$ ) и нейтрофилов (на 39%,  $p < 0,01$ ).

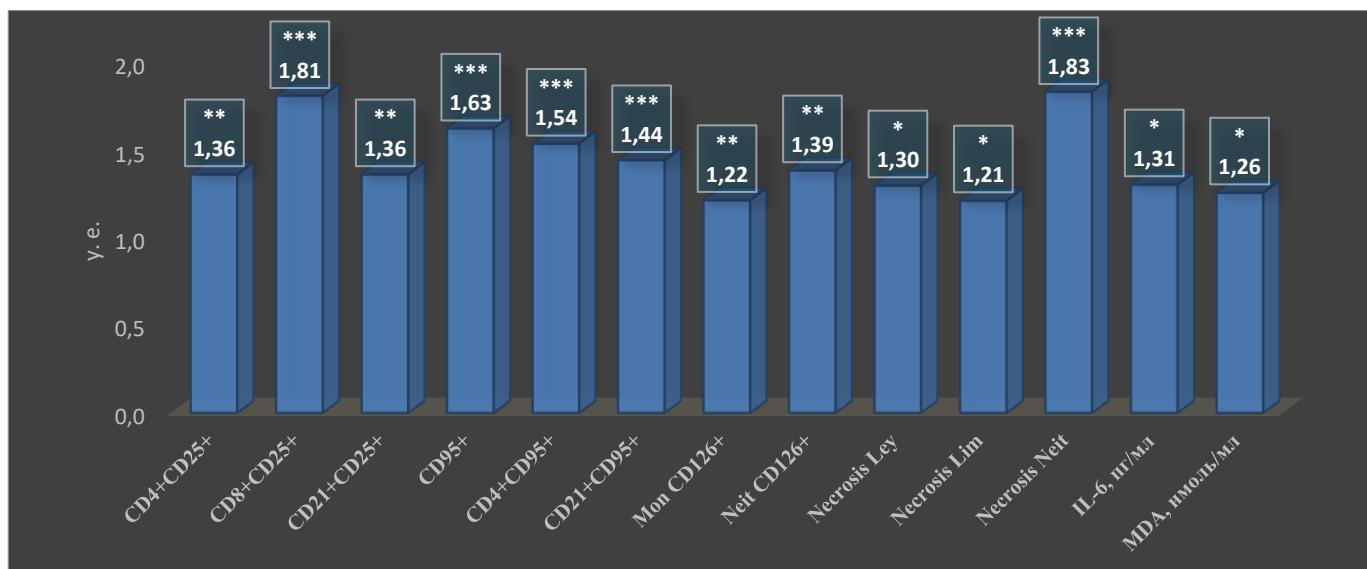


Рисунок 1 - Индекс нагрузки модельной взвеси на иммунометаболические параметры здоровых лиц

Количество интерлейкина-6 в крови после нагрузочного теста повышенено на 31% ( $p < 0,05$ ). МДА, свидетельствующий об усилении перекисного окисления в клетках, характеризуется возрастанием на 26% ( $p < 0,05$ ) после нагрузочных тестов.

Таким образом, воздействие микротоксикантами в значительной степени изменяет функциональный ансамбль клеточных субпопуляций, повышая долю клеток с представленностью рецепторов провоспалительной направленности и индуцируя среди ИКК процессы апоптоза и некроза. Процесс апоптоза более значительно затрагивает адаптивный иммунитет, а некроз характернее для клеток врождённого звена иммунной системы. Полученные результаты могут свидетельствовать о перспективности использования данных маркеров в качестве диагностических и прогностических для проведения профилактических мероприятий.

#### *Список литературы*

- Холодов, А.С. Влияние твердых взвешенных частиц атмосферного воздуха населённых пунктов на здоровье человека / А. С. Холодов, К. Ю. Кириченко, К. С. Задорнов, К. С. Голохваст // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2019. – №49. – С. 81-88.
- Виткина, Т.И. Экспрессия рецептора к IL-6 у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких разной степени тяжести / Т.И. Виткина, Ю.К. Денисенко, Т.П. Новгородцева, К.А. Сидлецкая // Российский аллергологический журнал. – 2017. – Т. 14. – С. 134-136.
- Pol, J.G. Effects of interleukin-2 in immunostimulation and immunosuppression / J. G. Pol, P. Caudana, J. Paillet, E. Piaggio, G. Kroemer // Journal of Experimental Medicine. – 2020. – Vol. 217, №1.
- Han, F. Interleukin-6 promotes ferroptosis in bronchial epithelial cells by inducing reactive oxygen species-dependent lipid peroxidation and disrupting iron homeostasis / F. Han, S. Li, Y. Yang, Z. Bai // Bioengineered. – 2021. – Vol. 12, №1.
- Kondratyeva E. V., Vitkina T. I. Effect of atmospheric particulate matter on the functional state of mitochondria / E.V. Kondratyeva, T.I. Vitkina // Russian Open Medical Journal. – 2023. – Vol. 12, №1.

Крохалева Е.В.

**ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДЛИННОПАЛОЙ НОЧНИЦЫ *MYOTIS MACRODACTYLUS* (TEMMINCK, 1840) НА ТЕРРИТОРИИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ**

Кафедра клеточной биологии и генетики ИМО ДВФУ

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН

Научный руководитель - к. б. н., н.с. У.В. Горобейко

Длиннопалая ночница (*Myotis macrodactylus*) – узкоареальный восточноазиатский вид, распространенный на юге Приморского края, на о-ве Сахалин и о-ве Кунашир, на северо-востоке Китая, на Корейском п-ве и Японских островах [1].

На основании морфометрических данных, таких как размеры тела и черепа, для вида *Myotis macrodactylus* описано 3 подвида - номинативный *M. m. macrodactylus* Temminck, 1840, который распространен на Хоккайдо, Хонсю, Кюсю, Цусиме и Якусиме, и два, обитающих на Дальнем Востоке России: материковый подвид *M. m. continentalis* Tiunov, 1997 - в Южном Приморье, и островной подвид *M. m. insularis* Tiunov, 1997 - на о-ве Кунашир и на Хоккайдо [2].

На сегодняшний день рукокрылые Дальнего Востока не до конца изучены, в особенности *Myotis macrodactylus*. Этот вид является краснокнижным на всём своем ареале с охранным статусом: III категория – редкий вид с ограниченным распространением [3]. Поэтому мониторинг, оценка состояния и изучение генетического разнообразия очень важны для сохранения приморской популяции *Myotis macrodactylus*.

Целью данной работы было исследование внутривидовой изменчивости на основе гена цитохрома Б митохондриальной ДНК (мтДНК) длиннопалой ночницы *Myotis macrodactylus* на территории Приморского края.

В процессе работы получены последовательности гена сутB мтДНК для 8 особей *M. macrodactylus*, которые были отловлены в разных локалитетах Приморского края (таблица). Длина полных последовательностей цитохрома Б для 7 особей составила 1140 п. н., а длина частичной последовательности для 1 особи – 970 п. н. Для филогенетического анализа были использованы полные последовательности цитохрома Б (1140 п.н.) для 19 особей *Myotis macrodactylus* из Генбанка, а также других представителей рода *Myotis* (*Myotis ricketti* (AJ504452), *Myotis fimbriatus* (MG570070), *Myotis capaccinii* (AF376845), *Myotis petax* (EF555237)), которые играли роль внешних групп.

По полученным последовательностям сутB построено Maximal Likelihood филогенетическое дерево: модель – TN93+G, 1000 bootstrap-репликаций, (достоверными считались результаты выше 70%) в программе Mega 5.05.100. Median Joining - сеть гаплотипов построена с использованием Network 10. Коэффициенты генетического разнообразия для всей выборки и для отдельных генетических линий, а также график mismatch-distribution, модель growth-decline population, были посчитаны в DNAsp6.

Таблица 1

Материалы исследования

№	Пол	Локалитет	Дата	Координаты	Прямой и обратный сиквенсы
3393	♂	Приморский край, пещ. Великан	3-7.11.2013	43.27 N 133.62 E	+\\+
КН20034	♂	Приморский край, Хасанский р-н, р. Рязановка	01.07.2020	42.82 N 131.24 E	+\\+
КН20046	♂	Приморский край, Хасанский р-н, р. Цукановка	03.07.2020	42.78 N 130.80 E	+\\-

OL22-4	♀	Приморский край, пещ. Серафимовская	05.11.2022	43.876 N 135.235 E	+\\+
3239	♂	Приморский край, пещ. Великан	08.12.2012	43.27 N 133.62 E	+\\+
3868	♂	Приморский край, пещ. Великан	13.12.2014	43.27 N 133.62 E	+\\+
3870	♀	Приморский край, пещ. Великан	13.12.2014	43.27 N 133.62 E	+\\+
AL23-6	♂	Приморский край, пещ. Великан	23.02.2023	43.27 N 133.62 E	+\\+

В результате филогенетического анализа было установлено, что особи *M. macrodactylus* разделяются на две хорошо дифференцированные группы, которые можно объединить по месту их обитания. Первая группа – «материковые» образцы («continentalis»), в которую входят полученные нами сиквенсы из Приморского края и сиквенсы из Китая. Вторая группа включает «островные» сиквенсы («insularis») из Японии и Южной Кореи. По результатам проведенного анализа, особи из Южного Приморья достоверно отличаются от особей из Японии, в то время как особи из Южной Кореи (материковая часть ареала) относятся к той же генетической линии, что и японские экземпляры.

Если анализировать отдельно островную линию, то на графике попарных нуклеотидных различий мы видим две группы пиков: одна со слабо, а другая с сильно дифференцированными гаплотипами. Исходя из этого мы можем предположить, что островная группа неоднородна, что также подтверждается сетью гаплотипов и филогенетическим деревом. Также благодаря подсчитанным коэффициентам генетического разнообразия можно предварительно оценить генетическую изменчивость островной линии как более высокую ( $0,006 \pm 0,00088$ ). Генетическая подразделенность материковой линии исследована нами впервые, установлено, что она заметно ниже ( $0,00137 \pm 0,00073$ ), чем внутри островной линии, наибольшие отличия выявлены у особей из самой северной точки ареала.

Таким образом, все исследованные особи из Приморского края принадлежат к «материковой» генетической линии, которая кроме Приморского края известна только с прилегающих территорий Китая. Генетическая изменчивость внутри «материковой» линии требует дальнейшего, более подробного изучения.

#### Список литературы

1. Тиунов М.П. Руко крылые Дальнего Востока России и их эктопаразиты / М.П. Тиунов, С.В. Крускоп, М.В. Орлова. – М.: Издательство «Перо», 2021. – 191 с.
2. Тиунов, М. П. Руко крылые Дальнего Востока России / М.П. Тиунов. – Владивосток: Дальнаука, 1997. – 134 с.
3. Красная книга Приморского края: Животные. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных / Биологический институт ДВО РАН; Ответственный редактор В. А. Костенко. — Владивосток: АБК «Апельсин», 2005. – 408 с.

Лембикова Д. Е.<sup>1</sup>, Зуева А.О.<sup>2</sup>, Ермакова С.П.<sup>2</sup>

## СРАВНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОИЗВОДНЫХ ФУКОИДАНА ИЗ *FUCUS EVANESCENS*, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ХИМИЧЕСКОГО И ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗА

<sup>1</sup>Департамент химии и материалов ИНТиПМ ДВФУ

<sup>2</sup>Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН

<sup>2</sup>Научный руководитель - к.х.н., м.н.с. А.О. Зуева

Фукоиданы – это полисахариды бурых водорослей, состоящие в основном из остатков сульфатированной α-L-фукозы. Они проявляют широкий спектр биологических активностей: противоопухолевую, иммуномодулирующую, антикоагулянтную, противовирусную и многие другие [1; 2]. Благодаря этому фукоиданы имеют большой потенциал для использования в медицине, фармакологии, косметологии, биохимии и уже давно используются в качестве биологически активных добавок. Предполагается, что производные фукоиданов со сниженной молекулярной массой могут проявлять повышенную биологическую активность по сравнению с исходным фукоиданом благодаря их усиленному всасыванию в кишечнике и увеличению концентрации в кровеносных сосудах. В отличие от фукоиданов структуры таких производных легче установить и стандартизовать, что необходимо для разработки фармацевтических препаратов на их основе. Поэтому получение низкомолекулярных продуктов деполимеризации фукоидана является актуальной задачей.

Существует несколько способов получения низкомолекулярных производных полисахаридов, например, химические: мягкий кислотный [3] и перекисный гидролиз [4], автогидролиз [5], и физические: фотокаталитический [6], с помощью гамма-облучения [7], а также с помощью ультразвуковой деградации [8] и микроволновой [9]. Применение методов химического гидролиза для получения производных фукоиданов часто приводит к неудовлетворительным результатам, поскольку протекает в достаточно жестких условиях. Это приводит не только к расщеплению О-гликозидных связей, но и нежелательному отщеплению сульфатных групп [10], количество и расположение которых важно для биологических эффектов, проявляемых фукоиданами. Перспективным инструментом гидролиза фукоиданов являются фукоиданазы – ферменты, катализирующие гидролиз О-гликозидных связей в молекулах фукоиданов и фукансульфатов [11–13], обладающие высокой субстратной специфичностью, что позволяет контролировать процесс деполимеризации и получать олигосахариды с сохранением сульфатных групп [14].

В данной работе были получены высокоочищенные фракции фукоидана из бурых водорослей *Fucus evanescens*. Полученные фракции подвергали ферментативному гидролизу с помощью четырех рекомбинантных эндо-фукоиданаз морской бактерии *Wenyingzhuangia fucanilytica CZ1127<sup>T</sup>* и кислотному гидролизу. Структурные характеристики полученных производных и исходного фукоидана из *F. evanescens* были изучены с помощью методов ВЭЖХ и ЯМР-спектрометрии. Было установлено, что продукты реакции кислотного гидролиза имеют сниженную степень сульфатирования и содержание →3-L-Fucp(2,4OSO<sub>3</sub><sup>-</sup>)-α-1→ по сравнению с продуктами реакции ферментативного гидролиза фукоидана. Таким образом, было показано, что применение ферментов для гидролиза фукоиданов позволяет сохранить исходное сульфатирование получаемых низкомолекулярных производных фукоиданов.

*Список литературы*

1. Pradhan, B. Multifunctional role of fucoidan, sulfated polysaccharides in human health and disease: A journey under the sea in pursuit of potent therapeutic agents / B. Pradhan, S. Patra, R. Nayak [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. – 2020. – Vol. 164. – P. 4263-4278.
2. Wang, Y. Biological activities of fucoidan and the factors mediating its therapeutic effects: A review of recent studies / Y. Wang, M. Xing, Q. Cao [et al.] // Marine Drugs. – 2019. – Vol. 17. – № 3. – P. 183.
3. Pielesz, A. Mild acid hydrolysis of fucoidan: characterization by electrophoresis and FT-Raman spectroscopy / A. Pielesz, W. Biniaś, J. Paluch // Carbohydrate Research. – 2011. – Vol. 346. – № 13. – P. 1937-1944.
4. Hou, Y. Degradation of *Laminaria japonica* fucoidan by hydrogen peroxide and antioxidant activities of the degradation products of different molecular weights / Y. Hou, J. Wang, W. Jin [et al.] // Carbohydrate Polymers. – 2012. – Vol. 87. – № 1. – P. 153-159.
5. Jin, W. Structure analysis and anti-tumor and anti-angiogenic activities of sulfated galactofucan extracted from *Sargassum thunbergii* / W. Jin, W. Wu, H. Tang [et al.] // Marine Drugs. – 2019. – Vol. 17. – № 1. – P. 52.
6. Qi, Y. Preparation of low-molecular-weight fucoidan with anticoagulant activity by photocatalytic degradation method / Y. Qi, L. Wang, Y. You [et al.] // Foods. – 2022. – Vol. 11. – № 6. – P. 822.
7. Choi, J. Preparation of low molecular weight fucoidan by gamma-irradiation and its anticancer activity / J. Choi, H.-J. Kim // Carbohydrate Polymers. – 2013. – Vol. 97. – № 2. – P. 358-362.
8. Guo, X. Ultrasound effects on the degradation kinetics, structure, and antioxidant activity of sea cucumber fucoidan / X. Guo, X. Ye, Y. Sun [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2014. – Vol. 62. – № 5. – P. 1088-1095.
9. Rodriguez-Jasso, R.M. Microwave-assisted extraction of sulfated polysaccharides (fucoidan) from brown seaweed / R. M. Rodriguez-Jasso, S. I. Mussatto, L. Pastrana [et al.] // Carbohydrate Polymers. – 2011. – Vol. 86. – № 3. – P. 1137-1144.
10. You, S. Molecular characteristics of partially hydrolyzed fucoidans from sporophyll of *Undaria pinnatifida* and their in vitro anticancer activity / S. You, C. Yang, H. Lee, B.-Y. Lee // Food Chemistry. – 2010. – Vol. 119. – № 2. – P. 554-559.
11. Zueva, A.O. Expression and biochemical characterization of two recombinant fucoidanases from the marine bacterium *Wenyingzhuangia fucanilytica* CZ1127T / A. O. Zueva, A. S. Silchenko, A. B. Rasin [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. – 2020. – Vol. 164. – P. 3025-3037.
12. Silchenko, A.S. Expression and biochemical characterization and substrate specificity of the fucoidanase from Formosa algae / A.S. Silchenko, N.E. Ustyuzhanina, M.I. Kusaykin, V.B. Krylov, A.S. Shashkov, A.S. Dmitrenok, R.V. Usoltseva, A.O. Zueva, N.E. Nifantiev, T.N. Zvyagintseva // Glycobiology. – 2017. – Vol. 27. – № 3. – P. 254–263.
13. Zueva, A.O. Production of high- and low-molecular weight fucoidan fragments with defined sulfation patterns and heightened in vitro anticancer activity against TNBC cells using novel endo-fucanases of the GH107 family / A. O. Zueva, A. S. Silchenko, A. B. Rasin [et al.] // Carbohydrate Polymers. – 2023. – Vol. 318. – P. 121128.
14. Nguyen, T.T. Enzyme-assisted fucoidan extraction from brown macroalgae *Fucus distichus* subsp. *evanescens* and *Saccharina latissima* / T. T. Nguyen, M. D. Mikkelsen, V. H. N. Tran [et al.] // Marine Drugs. – 2020. – Vol. 18. – № 6. – P. 296.

Мартынова А.А.<sup>1</sup>

## ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НЕМЕРТИН ИЗ КОМПЛЕКСА EMPLECTONEMA GRACILE В ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЯХ РОССИИ

<sup>1</sup> Кафедра клеточной биологии и генетики ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского

<sup>1,2</sup> Научный руководитель – д.б.н., г.н.с., профессор А.В. Чернышев

Немертины (*Nemertea*) — тип беспозвоночных животных, насчитывающий более 1300 видов, из которых подавляющее большинство является морскими хищниками. Большинство немертин имеет локальное распространение и лишь немногие широко распространены в двух и более океанах. К числу таких видов относится *Emplectonema viride*.

До недавнего времени эмплектонем с зеленоватой окраской определяли как *E. gracile*. Считалось, что этот вид является широко распространенным в северном полушарии. Однако недавно было показано, что под этим названием скрываются два вида — *E. gracile* и *E. viride*, которые слабо различаются окраской тела и четко идентифицируются генетически [1]. Было выявлено, что *E. viride* распространена у тихоокеанского побережья Северной Америки от Аляски до Калифорнии, а *E. gracile* — в северной части Атлантического океана [1]. До сих пор не было известно, какой из двух видов обитает у азиатского побережья Тихого океана, включая дальневосточные моря России. Этому вопросу и посвящены наши исследования.

Материалом для исследования послужили 15 образцов, собранных в Японском (бухты Сухопутная и Спокойная, остров Попова) и Охотском (Магадан, Ейринейская губа, Сахалин) морях. Геномная ДНК из образцов была выделена с помощью набора реагентов «МагноПрайм ЮНИ». Для амплификации фрагмента COI мы использовали универсальные праймеры LCO1490 5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3' и HCO2198 5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAATCA-3'. Полимеразную цепную реакцию (ПЦР) проводили с использованием GoTaq Green Master Mix (Promega). Секвенирование проводилось в ННЦМБ ДВО РАН.

Анализ полученных сиквенсов показал, что 3 экз. из Японского моря и все 11 экз. из Охотского моря принадлежат к *E. viride*. Только один экземпляр из Японского моря (б. Спокойная) принадлежал к *E. gracile*. *Emplectonema viride* из дальневосточных морей России принадлежит лишь к трем гаплотипам, отличающимся от двух гаплотипов этого вида с побережья Северной Америки 6 и 8 заменами, соответственно. *Emplectonema gracile* из Японского моря принадлежит к тому же гаплотипу, что и секвенированная нами особь из Черного моря. Р-дистанции внутри *E. viride* составляют 0,2–1,8%, внутри *E. gracile* – 0,2–1,4%, а между видами – 16,6–17,7%.

Таким образом, в дальневосточных морях России обитает два вида — *Emplectonema viride* и *E. gracile*. Широкое распространение первого вида в Тихом океане и его низкое генетическое разнообразие можно объяснить наличием долго плавающей личинки, которая может находиться в планктоне более месяца (в лабораторных условиях 3–4 месяца) [2].

Что касается находки *E. gracile* в Японском море, то, возможно, что личинки этого вида были занесены сюда балластными водами из Атлантики.

*Работа выполнена в ЦКП «Приморский океанариум», ННЦМБ ДВО РАН (Владивосток).*

### Список литературы

1. Mendes, C.B. Redescription of *Emplectonema viride* – a ubiquitous intertidal hoplonemertean found along the West Coast of North America / C.B. Mendes et al. // ZooKeys. — 2021. — №1031. — С. 1–17. // <https://doi.org/10.3897/zookeys.1031.59361>

2. Mendes, C.B. Raising predatory babies: development from fertilization to sexual maturity of the hoplonemertean *Emplectonema viride* (Nemertea) / C.B. Mendes et al. // Marine Biology. — 2023. — Vol. 170. — №135. // <https://doi.org/10.1007/s00227-023-04287-0>

---

Невоструева П.А.<sup>1</sup>

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГЕНА ЦИТОХРОМА *b* У МАНЬЧЖУРСКОЙ БЕЛОЗУБКИ *CROCIDURA SHANTUNGENSIS MILLER, 1901* НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ

<sup>1</sup> Кафедра клеточной биологии и генетики ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН

<sup>2</sup> Научный руководитель – к.б.н., с.н.с. И.Н. Шереметьева

Исследование генетического разнообразия островных популяций видов представляет значительный теоретический интерес, так как изоляция – это важный фактор, ограничивающий расселение и влияющий на генетическое разнообразие, что в свою очередь является важнейшим компонентом биоразнообразия и влияет на выживание и эволюцию видов. Островные популяции оказались удобной «природной лабораторией» для изучения микроэволюционных процессов, в том числе и тех, которые оказывают влияние на формирование генетического разнообразия.

Цель настоящей работы – на репрезентативном материале оценить уровень генетического разнообразия маньчжурской белозубки *Crocidura shantungensis* в популяциях Приморского края.

В работе были использованы 5 образцов тканей *C. shantungensis*, фиксированные в 94% спирте. Образцы взяты от животных, отловленных в летне-осенний период в островных популяциях залива Петра Великого (о. Попова). Кроме этого, в работе были использованы 57 гомологичных последовательностей гена цитохрома *b* (cyt *b*) митохондриальной ДНК маньчжурской белозубки из Genbank/NCBI из разных локалитетов.

Выделение ДНК проводилось методом солевой экстракции [1]. Затем проводилась амплификация участков ДНК. Для проверки ДНК и фрагментов амплификации на качество использовался электрофорез в агарозном геле. Полученные фрагменты очищали полиэтиленгликолем и присоединяли к ним флюоресцентную метку Big Dye, после чего отправляли на секвенирование. Редактирование полученных нуклеотидных последовательностей проводили с помощью программы BioEdit 7.2 [2], а построение филогенетических деревьев выполнялось с использованием программы MEGA11 [3]. В качестве внешней группы была использована последовательность гомологичного участка mtДНК большой белозубки (*Crocidura lasiura*), взятая из GenBank/NCBI.

Для всех исследуемых образцов маньчжурской белозубки *C. shantungensis* были получены нуклеотидные последовательности гена цитохрома *b*, длина которых составила от 871 до 1112 нуклеотидных пар. После выравнивания с гомологичными последовательностями, взятыми из Genbank/NCBI, длина фрагмента составила 813 нуклеотидных пар.

В результате анализа 5 экземпляров маньчжурской белозубки было выявлено два гаплотипа, один из которых (185-15) был обнаружен для вида впервые. Четыре образца имели один гаплотип (186-15, 220-15 221-15 и 222-15), ранее он был уже обнаружен у особей маньчжурской белозубки из Приморского края (AB077278 - остров Попова, EU742593 и EU742594 - Лазовский р-н, KF144161-KF144163 - г. Владивосток). Различия между обнаруженными гаплотипами были по 1 синонимичной замене. Ранее при анализе двух особей с острова Попова было обнаружено также два гаплотипа один из которых был основной (AB077278), а второй отличался от него на одну замену

(AB077082). Таким образом, к настоящему времени для острова Попова описано 3 гаплотипа для 7 образцов, два из которых были уникальны.

Для образцов маньчжурской белозубки было построено филогенетическое древо. Филогенетическая реконструкция продемонстрировала разделение всех образцов на три группы, которые ранее были описаны другими авторами [8]. Гаплогруппа 2 включала особей с острова Чеджу, гаплогруппа 1-В - особей с острова Тайвань. А гаплогруппа 1-С всех остальных особей. Внутри гаплогруппы 1-С можно выделить 4 подгруппы:

- Подгруппа 1 – особи из Приморского края (острова Попова и Путятина, Лазо, Владивосток) и с острова Уллунг, Южная Корея;
- Подгруппа 2 – особи из Южной Кореи
- Подгруппа 3 – Китай, Монголия, а также приморский край (Лазо, остров Путятина);
- Подгруппа 4 – особи из Бурятии

Ранее подгруппы внутри гаплогруппы 1-С не выделялись.

#### *Список литературы*

1. Aljanabi, S.M. Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques / S. M. Aljanabi, I. Martinez // Nucleic Acids Research. - 1997. - Vol. 25. - № 22. - P. 4692-4693.
2. Hall, T.A. BioEdit: A User-Friendly Biological Sequence Alignment Editor and Analysis Program for Windows 95/98/NT. / T. A. Hall // Nucleic Acids Symposium Series. - 1999. - Vol. 41. - P. 95-98.
3. Tamura, K. MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11 / K. Tamura, G. Stecher, S. Kumar // Molecular Biology and Evolution. - 2021. - Vol. 38. - №7. - P. 3022-3027.

---

Попова А. А.<sup>1</sup>

#### **ФИЛОГЕНИЯ РОДА TAKYDROMUS ПО ДАННЫМ ИЗМЕНЧИВОСТИ УЧАСТКА ГЕНА ЦИТОХРОМА В**

<sup>1</sup>Кафедра клеточной биологии и генетики ИМО ДВФУ

<sup>2</sup>Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН

<sup>2</sup>Научный руководитель – к.б.н., с.н.с. И.Н. Шереметьева

Обязательным условием сохранения биоразнообразия ящериц рода Долгохвостки является его всестороннее изучение, которое необходимо для поддержания устойчивости экосистем. Нынешние темпы вымирания могут привести к потере как видового, так и филогенетического разнообразия. Негативные последствия для биоразнообразия проявляются во множестве форм, но наиболее серьезными из них являются потеря мест обитания, чужеродные инвазивные виды и ускоренное изменение климата. Кроме этого, большую угрозу составляют глобальные изменения, вызванные антропогенным воздействием [5].

По некоторым данным 21,1 % рептилий находится под угрозой исчезновения, а статус 15% остаётся неизвестным [4]. Рептилиям угрожают такие факторы, как: потеря мест обитания, резкие климатические изменения, антропогенное воздействие и другие. Подробное изучение данной группы животных необходимо для сохранения видового разнообразия нашей планеты.

Азиатские травяные ящерицы рода *Takydromus* (Lacertidae) Daudin 1802 – это широко распространенная в Восточной и Юго-Восточной Азии группа, ареал которой на юг доходит до северо-

востока Индии, островов Борнео, Суматра, Бангки и Ява, а на север - до южных районов Дальнего Востока России [2, 3]. Объектом исследования стали два вида данного рода: *Takydromus wolteri* Fischer, 1885 и *Takydromus amurensis* Peters, 1881. Две эти группы встречаются в Приморском крае, где проходит северная граница данного рода. Ранее исследования генетического разнообразия рода *Takydromus* на Дальнем Востоке не проводились.

**Цель данной работы:** построить филогению рода *Takydromus* по данным изменчивости участка гена цитохрома В и сопоставить выявленные филогенетические группы видов с особенностью их обитания.

**Филогения рода *Takydromus*.** До настоящего времени работ по изменчивости этих видов на данной территории не проводилось, несмотря на то, что вид корейская долгохвостка включен в 1 категорию Красной книги Уссурийского района и в красную книгу Российской Федерации (Красная книга РФ, 2021) [1]. Анализ филогенетических связей внутри рода *Takydromus* имеет основополагающее значение для правильной идентификации видов, а также является ключом к разработке и проведению сравнительного анализа видов. Ранее уже предпринимались попытки построения филогении рода другими авторами [2, 6-8], но до сих пор она остается неполной.

**Материал и методы.** Материалом для работы послужили гомологичные последовательности 16 из 24 видов рода *Takydromus*, подобранные в банке генов (GenBank). Также было добавлено 5 нуклеотидных последовательностей, полученных из образцов тканей корейской долгохвостки (8a22, 9a22, 1b22, 8c22, 4c22) и 1 нуклеотидная последовательность амурской долгохвостки (262-22).

**Результаты.** После выравнивания полученных нами последовательностей амурской и корейской долгохвосток с последовательностями из банка генов были получены участки длиной 539 пар нуклеотидов. На участках этой длины было построено филогенетическое дерево рода *Takydromus*, которое продемонстрировало разделение исследуемых видов на 3 группы (A, B и C) и 2 подгруппы (C1 и C2), что, в целом, совпадает с результатами, полученными ранее другими авторами. Группа A является базальной и включает в себя два вида *T. kuehnei* и *T. sexlineatus*. Группа B включает в себя 5 видов, из которых два вида *T. yunkaiensis* и *T. sylvaticus* в филогенетический анализ включены впервые. Вид *T. tachydromoides* менял своё положение на филогенетических деревьях других авторов, но в данной работе этот вид выступает как сестринский *T. amurensis*, образуя вместе с ним группу C, которая филогенетически более близка группе B, чем подгруппам C1 и C2.

Как известно из литературы, представители рода в основном обитают в открытых биотопах (на лугах, с/х полях, в зарослях кустарников), однако некоторые виды предпочитают широколиственные леса [3]. В настоящей работе, впервые для рода, нами предпринята попытка сопоставить выявленные филогенетические группы с особенностью обитания видов. В итоге было обнаружено, что только подгруппы C1 и C2 представлены исключительно луговыми формами, а остальные группы включают в себя разные экологические формы: как лесные, так и луговые.

### Список литературы

1. Маслова, И. В. Корейская долгохвостка / И. В. Маслова, Е. Ю. Портнягина. // В кн.: Ред.: Павлов Д. С., Амирханов А. М., Рожнов В. В. и др. Красная книга Российской Федерации, том «Животные». 2-е издание. М.: ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021. – С. 460-461.
2. Arnold, E.N. Interrelationships and evolution of the East Asian grass lizards, *Takydromus* (Squamata: Lacertidae) / E.N. Arnold // Zoological Journal of the Linnean Society. – 1997. – Vol. 119. - P. 267–296.

3. Arnold, E. N. Systematics of the Palaearctic and Oriental lizard tribe Lacertini (Squamata: Lacertidae: Lacertinae), with descriptions of eight new genera. / E. N. Arnold, O. Arribas, S. Carranza. // Zootaxa. – 2007. – Vol. 1430. – P. 1-86.
4. Cox, N. A global reptile assessment highlights shared conservation needs of tetrapods. / N. Cox, B. E. Young, P. Bowles et al. // Nature. – 2022. – Vol. 605. – P. 285-290.
5. Gumbs, R. Global priorities for conservation of reptilian phylogenetic diversity in the face of human impacts. / R. Gumbs, C. L. Gray, M. Böhm, M. Hoffmann, R. Grenyer, W. Jetz, S. Meiri, U. Roll, N. R. Owen, J. Rosindell. // Nature Communications. – 2020. – Vol. 11, № 2616.
6. Lin, S.M. Molecular phylogeny and biogeography of the grass lizards genus *Takydromus* (Reptilia: Lacertidae) of East Asia. / S. M. Lin, C. A. Chen, K. Y. Lue. // Molecular Phylogenetics and Evolution. – 2002. – Vol. 22, № 2. – P. 276-288.
7. Ota, H. Phylogenetic relationships, taxonomy, character evolution and biogeography of the lacertid lizards of the genus *Takydromus* (Reptilia: Squamata): a molecular perspective. / H. Ota, M. Honda, S.-L. Chen, T. Hikida, S. Panha, H.-S. Oh, M. Matsui. // Biological Journal of the Linnean Society. – 2002. – Vol. 76. – P. 493-509.
8. Pyron, R.A. A phylogeny and revised classification of Squamata, including 4161 species of lizards and snakes. / R. A. Pyron, F. T. Burbrink, J. J. Wiens. // BMC Evolutionary Biology. – 2013. – Vol. 13, № 93. – P. 1-53.

---

Руденко Д.А<sup>1</sup>, Шкрыль Ю.Н.<sup>2</sup>

**ВЛИЯНИЕ ГЕНОВ ROLB И ROLC НА СОСТАВ ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ  
ARISTOLOCHIA MANSURIENSIS И ИЗУЧЕНИЕ ИХ ПРОТИВООПУХОЛЕВОЙ  
АКТИВНОСТИ**

<sup>1</sup>Кафедра биохимии и биотехнологии ИМО ДВФУ

<sup>2</sup>Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН

<sup>2</sup>Научный руководитель – к.б.н., с.н.с. Ю.А. Югай

Реликтовое растение *Aristolochia mansuriensis* Kom. — кирказон маньчжурский, эндемик, произрастающий в Корее, Китае и юго-восточной части России. Вещества, содержащиеся в этом растении, оказывают противоопухолевое и противовоспалительное действие. Магнофлорин вызывает особый интерес из-за его широкого спектра фармакологических свойств, а именно антиоксидантной и цитотоксической активности в отношении раковых клеток глиобластомы человека, шейки матки и карциномы толстой кишки. Но в *A. mansuriensis* также содержатся производные фенантрена аристолохиевые кислоты (АК), обладающие нефротоксичностью, мутагенными и канцерогенными эффектами при длительном применении, поэтому использование этого растения в фармакологии было запрещено [1].

Традиционное размножение *A. mansuriensis* является долгим и трудоемким процессом, поэтому важной задачей являлось создание альтернативного источника биомассы с увеличенным выходом полезных веществ и сведение к минимуму токсичных. Необходимо было изучить влияние различных методов культивирования на метаболомный профиль экстрактов *A. mansuriensis*. Перспективным подходом стало получение волосатых корней, которые имели высокую скорость роста и продуктивность [2] по сравнению с клеточными культурами, исследования которых еще не было для *Aristolochia*.

Экспланты листьев, черешков и стеблей инфицировали *Agrobacterium tumefaciens*, несущими гены *rolA*, *rolB*, *rolC*. Через время наблюдалось развитие первичных опухолей на эксплантах, затем в

*rolC*- и в *rolB*-инфицированных эксплантах стебля и черешка появились адвентивные корни. В *rolA* эксплантах рост корней не наблюдался, также индукционных эффектов не наблюдалось в листьях. Прирост биомассы увеличился в несколько раз по сравнению с контрольным каллусом (36,6 и 7,4 г/л – свежий и сухой вид), *rolC* – 111,4 и 22,5 г/л, *rolB* – 219,0 и 57,5 г/л [3]. Данные подчеркивают важность выбора подходящего эксплантата и гена *rol* для индукции синдрома волосатого корня у *A. manshuriensis*. Установлено, что содержание магнофлорина в *rolC*- и *rolB*- трансформированных волосатых корнях превышает его значения в контрольной каллусной линии в 5,8 и 2,8 раза, соответственно. Содержание магнофлорина в линии *rolC* достигло  $5.72 \pm 0.686$  мг/г. Суммарное содержание аристолохиевых кислот (АК) в трансгенных линиях волосатых корней было в 7–8 раз выше, чем в контрольных каллусах, но в 1,5–1,6 раза меньше, чем в стеблях *A. manshuriensis*, причем накопление АК-I и АК-II сильно снижалось, а содержание АК-IIIa, АК-IVa/b и АК-IIIa-G увеличивалось до 40 раз по сравнению с контрольным каллусом. Экстракти волосатых корней *A. manshuriensis* проявили ярко выраженное цитотоксическое действие в отношении клеток глиобластомы человека U-87 MG, клеток рака шейки матки HeLa CCL-2 и клеток карциномы толстой кишки RKO [4].

Водные экстракти, полученные из каллусных культур *A. manshuriensis* и линий волосатых корней, трансформированных генами *rolC* и *rolB*, демонстрировали высокую эффективность в формировании наночастиц серебра, которые оказывали цитотоксическое действие против патогенных микроорганизмов и фибробластов [5]. Эти свойства делают частицы перспективными для биотехнологии и биомедицины.

Таким образом, было показано успешное использование генов *rolB* и *rolC* для изменения качественного состава вторичных метаболитов *A. manshurensis*. Однако для глубокого понимания и направленной регуляции биосинтеза производных фенантрена необходимо провести тщательное изучение экспрессии генов этого метаболического пути.

*Список литературы:*

1. Martena, M.J. Enforcement of the ban on aristolochic acids in Chinese traditional herbal preparations on the Dutch market / M.J. Martena, J.C.A. van der Wielen, L.F.J. van de Laak, E.J.M. Konings, H.N. de Groot, I.M.C.M. Rietjens // Anal. Bioanal. Chem. – 2007. – Vol. 389. – P. 263–275.
2. Gutierrez-Valdes, N. Hairy root cultures – A versatile tool with multiple applications / N. Gutierrez-Valdes, S.T. Häkkinen, C. Lemasson, M. Guillet, K.-M. Oksman-Caldentey, A. Ritala, F. Cardon // Front. Plant Sci. – 2020. – Vol. 11. – P. 33.
3. Bulgakov, V.P. Generation of *Aristolochia manshuriensis* Kom. callus tissue cultures / V.P. Bulgakov, Y.N. Zhuravlev // Rastitel'nye Resur. – 1989. – Vol. 25. – P. 266–270.
4. Shkryl, Y.N. Enhanced production of nitrogenated metabolites with anticancer potential in *Aristolochia manshuriensis* hairy root cultures / Y.N. Shkryl, G.K. Tchernoded, Y.A. Yugay, V.P. Grigorchuk, M.R. Sorokina, T.Y. Gorpenchenko, O.D. Kudinova, A.I. Degtyarenko, M.S. Onishchenko, N.A. Shved, V.V. Kumeiko, V.P. Bulgakov // International Journal of Molecular Sciences. – 2023. – Vol. 24. – P. 11240.
5. Yugay, Y.A. Biosynthesis of functional silver nanoparticles using callus and hairy root cultures of *Aristolochia manshuriensis* / Y.A. Yugay, M.R. Sorokina, V.P. Grigorchuk, T.V. Rusapetova, V.E. Silant'ev, A.E. Egorova, P.A. Adedibu, O.D. Kudinova, E.A. Vasyutkina, Ivanov V.V., A.A. Karabtsov, D.V. Mashtalyar, A.I. Degtyarenko, O.V. Grishchenko, V.V. Kumeiko, V.P. Bulgakov, Y.N. Shkryl // Journal of Functional Biomaterials. – 2023. – Vol. 14. – P. 451.

Рыбинская Т.В.,<sup>1</sup> Ким Н.Ю.<sup>1</sup>

**ВЛИЯНИЕ АНИОНОВ ХОФМАЙСТЕРА НА ВТОРИЧНУЮ СТРУКТУРУ И АМИЛОИДОПОДОБНУЮ АГРЕГАЦИЮ OMPF ПОРИНА НАРУЖНОЙ МЕМБРАНЫ  
YERSINIA PSEUDOTUBERCULOSIS**

<sup>1</sup>Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН

<sup>1</sup>Научный руководитель - к.б.н., с.н.с. О.Ю. Портнягина

Различные белки способны к формированию высокоупорядоченных фибриллярных кросс- $\beta$  агрегатов, называемых амилоидами. Образование амилоидов связано с определенными патологическими состояниями, как, например, болезнь Альцгеймера у человека, или со специфическими функциями у бактерий, такими как образование биоплёнок и взаимодействие с иммунной системой организма-хозяина. Амилоидогенез представляет собой стадийный процесс, в основе которого лежит изменение пространственной структуры белка. Первичное событие в ходе амилоидогенеза – частичная денатурация/дезагрегация белковой молекулы, последующее – формирование кросс- $\beta$  структуры, вне зависимости от исходной пространственной вторичной структуры белка ( $\alpha$ -спираль,  $\beta$ -складки,  $\alpha/\beta$  структура). Исследование свойств амилоидоподобных фибрилл различных белков, в том числе мембранных, обеспечивает понимание молекулярных механизмов амилоидогенеза. Поскольку известно, что некоторые ионы изменяют структурную и термическую стабильность белков [1], мы предположили, что анионы серии Хоффмайстера могут влиять на изменения вторичной структуры тримера OmpF порина наружной мембраны (НМ) грамотрицательной бактерии *Yersinia pseudotuberculosis* и способствовать амилоидообразованию.

В эксперименте использовали нативный тример OmpF порина, изолированный из НМ бактериальных клеток, растворяли в фосфатно-цитратном буфере (0.05 M, pH 4.5, 0.1% цвиллерионный детергент Zw 3-14, 0,05% азид Na) и инкубировали при температуре 25 °C при интенсивном перемешивании в течение 2-х недель, в присутствии 50 мМ растворов солей ряда Хоффмайстера, хаотропных ( $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NaBr}$ ,  $\text{NaClO}_4$ ) и космотропных ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaF}$ ). Изменения на уровне вторичной структуры белка анализировали с помощью спектроскопии КД, специфичных для амилоидов красителей Конго красного (CR), Тиофлавина Т (ThT), флуоресцентной микроскопии и электрофореза в полиакриламидном геле в присутствии додецилсульфата натрия (ДСН-ПААГ-электрофорез).

Анализ соотношения элементов вторичной структуры, рассчитанного по спектрам КД в пептидной области спектра (таблица), показал, что через неделю от начала эксперимента в образцах порина наблюдалось снижение количества как  $\alpha$ -спиральных, так и  $\beta$ -структурных участков, и одновременное увеличение неупорядоченной структуры, что особенно было заметно в образце OmpF\_NaNO<sub>3</sub>. Однако, окрашивание образцов белка CR, не показало увеличения интенсивности и сдвига максимумов в разностных спектрах поглощения красителя. Через две недели в образцах порина сохранилась тенденция к снижению количества  $\alpha$ -спиралей, а количество  $\beta$ -структурных участков практически вернулось к значениям контрольного образца. Содержание неупорядоченной структуры незначительно отличалось от значений, полученных через неделю инкубации. Исключение составил образец OmpF\_NaBr, в котором было отмечено самое низкое содержание неупорядоченной структуры и  $\beta$ -изгибов и более высокое содержание  $\beta$ -структуры, по сравнению с контролем. Разностные спектры CR всех двухнедельных образцов показали сдвиг максимума поглощения на 35-40 нм в сторону более длинных волн, что свидетельствует о появлении в образцах агрегатов с элементами амилоидной структуры. Действительно, через две недели инкубации при кислом pH в присутствии солей, во всех образцах белка с помощью флуоресцентной микроскопии были обнаружены разнообразные по форме, преимущественно небольшие по размерам агрегаты, интенсивно

связывающие краситель ThT (рисунок 1, А). Образец OmpF\_NaBr содержал крайне гетерогенную смесь агрегатов, среди которых присутствовали как небольшие, плотные, так и гигантские частицы, имеющие аморфную структуру. В образце OmpF\_NaClO<sub>4</sub> также было обнаружено большое количество кластеров аморфных агрегатов. Интересно отметить, что перестройка вторичной структуры белка, происходящая в достаточно жестких условиях эксперимента, не сопровождалась диссоциацией тримеров порина, о чём свидетельствуют результаты ДСН-ПААГ электрофореза (рисунок 1, Б).

Ранее нами было показано, что изначально высокое содержание  $\beta$ -структур означает решающее влияние на устойчивость структуры порина *Y. pseudotuberculosis* к механическому стрессу и кислому pH среды. Добавление в среду инкубации как хаотропных, так и космотропных анионов приводит к тому, что тример порина претерпевает значительные изменения на уровне вторичной структуры белка, что особенно заметно в случае космотропной соли NaBr. Однако несмотря на то, что тример OmpF сохраняет свою субъединичную организацию, временная внутренняя дестабилизация, вызванная ослаблением ионных взаимодействий в его молекуле, инициирует появление в растворах агрегатов, которые хоть и не имеют фибриллярной структуры, характерной для зрелых амилоидов, но, как мы считаем, являются продуктами начального этапа амилоидогенеза.

Таблица

Соотношение элементов вторичной структуры в образцах OmpF

Образец	$\alpha$ -спираль		$\beta$ -структура		$\beta$ -изгиб		Неупорядоченная	
	1 неделя	2 недели	1 неделя	2 недели	1 неделя	2 недели	1 неделя	2 недели
OmpF_NaNO <sub>3</sub>	5.6	1.5	15.9	46.9	27.9	19.8	50.6	31.8
OmpF_Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	6.7	3.3	35.2	42.4	22.6	20.6	35.5	33.7
OmpF_NaF	5.8	3.8	39.6	43.3	22.2	20.9	32.4	31.5
OmpF_NaClO <sub>4</sub>	4	4.3	42.3	42.9	21.8	21.3	31.9	31.5
OmpF_NaBr	5.1	1.6	42	50	20.6	19.2	32.3	19.2
OmpF_контроль	7.9		47.6		20.2		24.3	

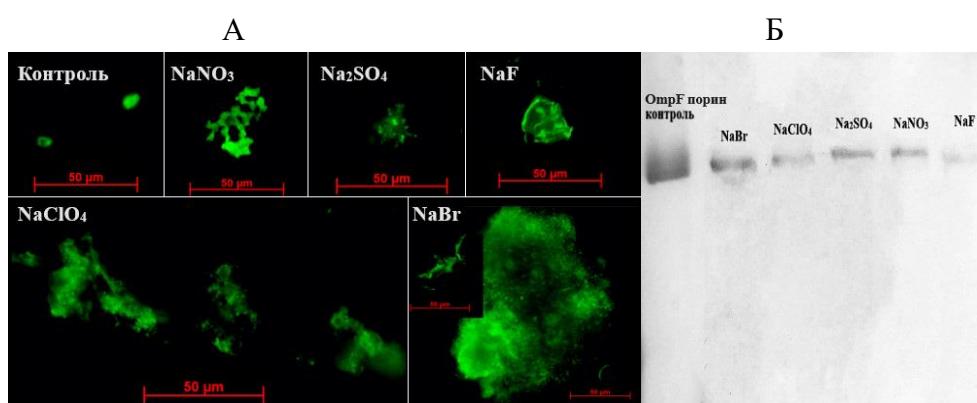


Рисунок 1 – Образцы OmpF порина, полученные через две недели инкубации в условиях механического стресса при pH 4.5, в присутствии различных солей.

Флуоресцентная микроскопия агрегатов, окрашенных ThT (А); Электрофорограмма исследуемых образцов порина, полученная в условиях ДСН-ПААГ электрофореза (Б).

#### Список литературы

1. Bhopatkar, D. Influence of Hofmeister anions on structural and thermal properties of a starch-protein-lipid nanoparticle / D. Bhopatkar, O.K. Ozturk, N. Khalef, G. Zhang, O.H. Campanella, B.R. Hamaker // International Journal of Biological Macromolecules. – 2022. – Vol.210. – P. 768–775.

Соломатина Т.О,<sup>1</sup> Веремейчик Г.Н.<sup>1</sup>

**АУКСИН-НЕЗАВИСИМЫЙ РОСТ КЛЕТОЧНЫХ КУЛЬТУР RUBIA CORDIFOLIA L.,  
ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ГЕНОМ АГРОБАКТЕРИАЛЬНЫМ ROLA**

<sup>1</sup>Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН

<sup>1</sup>Научный руководитель - к.б.н., с.н.с. Г.Н. Веремейчик

Растения с последовательностями Т-ДНК можно рассматривать как природные генетически модифицированные организмы [1,2]. Уникальность природного механизма встраивания генов Т-ДНК *Agrobacterium* позволяет прийти к компромиссу в использовании модифицированных культур и решить множество проблем от глобального вопроса продовольственной безопасности [3] до минимизации применения синтетических регуляторов роста растений, влияние которых на организм человека недостаточно изучено. Гены *rol* имеют важные преимущества экспрессии для некоторых физиологических процессов растений (метаболизм и индукция роста, изменение роста корней и других органов) [2]. Длительное изучение эффектов индивидуальной и совместной экспрессии генов *rol* показало их высокую биотехнологическую значимость как активаторов вторичного метаболизма, а также важную роль в регуляции устойчивости трансгенных растений к стрессу [4].

Ранее было показано, что после длительного культивирования (более 10 лет), в клеточной линии RA произошли внезапные и значительные изменения на биохимическом и молекулярном уровнях [5]. Главным изменением было более чем 10-ти кратное увеличение биосинтеза антрахинонов при стабильном росте культуры. Мы показали, что относительно небольшая доза NaCl в 60 мМ полностью ингибирует рост как нормальной клеточной линии R, так и линии RA, трансформированной *rolA* (Рисунок 1, левая часть).

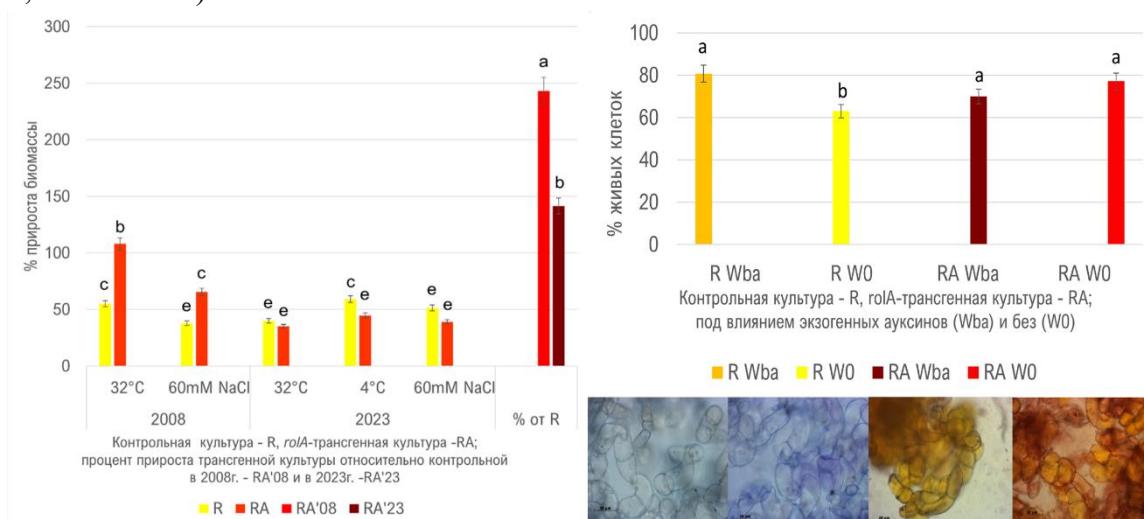


Рисунок 1 - Влияние стрессов на прирост клеточных культур *R. cordifolia* (левая часть) и прирост живых клеток в зависимости от синтетических регуляторов роста (правая часть). Прирост биомассы контрольной культуры R и трансгенных клеточных культурах *R. cordifolia*, трансформированных геном *rolA* в условиях температурного (32°C и 4°C), и солевого (60 мМ NaCl) стресса. Данные за 2023г. и неопубликованные данные за 2008г.

R W0 – контроль на среде без гормонов, R Wba – контроль на среде с ауксинами, RA W0 – *rolA*-трансформированная каллусная культура на среде без гормонов, RA Wba – *rolA*-трансформированная каллусная культура на среде с ауксинами. Различные буквы над планками погрешностей означают статистически достоверную разницу (Fisher's LSD  $p \leq 0,05$ ).

Рост культур был ингибиран более, чем в 5 раз у R и в 3 раза у RA. Трансгенная культура утратила устойчивость к стрессам – рост был ингибиран в 2 раза по сравнению с имеющимися данными за 2008 г. Это идет в разрез с ранее известными данными о сверхэкспрессии генов *rol*, увеличивающей устойчивость к температурным и солевым стрессам, а также воздействию аргонового лазера [6]. Однако, учитывая, что культура претерпела некое изменение в процессе длительного культивирования, можно предположить, что данное изменение затрагивает антагонистические регуляторные элементы, которые исключают одновременную активацию вторичного метаболизма и устойчивости к абиотическим стрессам. Далее был исследована зависимость от экзогенных ауксинов у *rolA*-каллусных культур *R. cordifolia*. Контрольная клеточная культура R на среде без гормонов показала большую зависимость – произошло ингибирование роста на 17% в первый пассаж и полная гибель культуры во втором пассаже. Трансгенная культура RA в присутствии ауксина показала ингибирование роста на 8%, но не такое значительное как у R (рисунок 1, правая часть). Ростовые характеристики культуры RA не менялись в течении 3-х пассажей в присутствии экзогенных ауксинов. Можно сделать предположение о меньшей зависимости роста от ауксинов у *rolA* трансгенной каллусной культуры. Ген *rolA* дает культуре стабильный длительный рост [5].

*Благодарности и финансовая поддержка: Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ 23-24-00215.*

#### *Список литературы*

1. Matveeva, T. V. Widespread occurrence of natural genetic transformation of plants by *Agrobacterium* / T. V. Matveeva, & L. Otten // Plant Molecular Biology. – 2019. – № 101. – P. 415–437.
2. Chen, K. Natural *Agrobacterium* transformants: recent results and some theoretical considerations / K. Chen, L. Otten // Frontiers in plant science. – 2017. – T. 8. – C. 1600.
3. Smyth, S. J. Removing politics from innovations that improve food security. / S. J. Smyth, A. McHughen, J. Entine, D. Kershen, C. Ramage, W. Parrott // Transgenic Research. – 2021. – № 30. – P. 601–612.
4. Guo, M. Agrobacterium-mediated horizontal gene transfer: Mechanism, biotechnological application, potential risk and forestalling strategy / M. Guo, J. Ye, D. Gao, N. Xu, J. Yang // Biotechnology Advances. – 2019. – T. 31. – №. 1. – P. 259–270.
5. Veremeichik, G. N. Activation of anthraquinone biosynthesis in long-cultured callus culture of *Rubia cordifolia* transformed with the *rolA* plant oncogene/ G. N. Veremeichik, V. P. Bulgakov, Y. N. Shkryl, S. A. Silantieva, D. S. Makhzen, G. K. Tchernoded, ... E. A. Vasileva // Journal of Biotechnology. – 2019 – № 306. – P. 38–46.
6. Bulgakov, V. P. Suppression of reactive oxygen species and enhanced stress tolerance in *Rubia cordifolia* cells expressing the *rolC* oncogene / V. P. Bulgakov, D. L. Aminin, Y. N. Shkryl, T. Y. Gorpchenko, G. N. Veremeichik, P. S. Dmitrenok, Y. N. Zhuravlev // Mol Plant-Microbe Interact. – 2008 – T. 21 – №.12. – P. 1561–1570.

Сошникова П.Д.<sup>1</sup>

## ОРГАНИЗАЦИЯ КОЖНЫХ ПОКРОВОВ ГОПЛОНЕМЕРТИНЫ MALACOBDELLA GROSSA

<sup>1</sup> Кафедра клеточной биологии и генетики ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН

Научные руководители – м.н.с. А.О. Переверзева <sup>2</sup>, к.б.н., и.о.зав.каф., доцент Н.Е. Зюмченко<sup>1</sup>

Немертины (Nemertea) – тип беспозвоночных, насчитывающий на сегодняшний день более 1300 видов червей из 280 родов [2]. Немертины обитают преимущественно в морях от супралиторали до абиссали, а также встречаются в пресных водоемах и на суше [1]. Большая вариация мест обитания приводит к формированию уникальных адаптивных черт. Железистый эпителий является такой структурой, которая плотно взаимодействует с внешней средой, а значит имеет множество особенностей строения приспособительного характера.

Особый интерес вызывает железистый эпителий представителей рода *Malacobdella*, которые имеют присоску для прикрепления к субстрату. Морфология кожных покровов рода *Malacobdella* была изучена на виде *Malacobdella grossa* немецким ученым Рипеном [3], хотя полученных данных недостаточно для анализа клеточного состава кожных покровов. Современные технологии позволяют получить более точное описание клеточных типов и пересмотреть и/или уточнить данные из литературных источников.

В текущей работе был изучен клеточный состав эпителия стенки тела и присоски гоплонемертины *Malacobdella grossa* на светооптическом и электронно-микроскопическом уровнях, предложена систематика железистых клеток и проведен сравнительный анализ полученных данных с литературными источниками.

Покровный эпителий *Malacobdella grossa* подразделяют на эпидермис и дермис. Эпидермис представляет собой многорядный ресничный эпителий, толщина которого составляет 70-80 мкм. В составе эпидермиса выделяют неклеточный базальный слой и специализированные клетки – ресничные и железистые. Под базальным слоем располагается соединительно-тканый слой – дермис, толщина которого составляет 1-2 мкм. Под дермисом залегают базальные гранулярные клетки и мускулатура. Кроме этого, в большом количестве наблюдаются неописанные ранее для данного рода 3 типа погруженных под дермис железистых клеток (субдермальные): 1 тип слизистых и 2 типа гранулярных. Погруженные клетки располагаются скоплениями и обнаруживаются как в присоске, так и в стенках тела, однако, количество желез преобладает в присоске. Согласно литературным источникам, субдермальное расположение железистых клеток является характерной чертой для отряда *Heteronemertea*, и не было ранее выявлено у представителей иных таксонов.

По результатам ультраструктурных исследований в эпителии на протяжении всего тела немертины было выявлено 4 типа железистых клеток: 1 тип серозных клеток, 1 типа слизистых клеток и 2 типа гранулярных клеток. Каждый клеточный тип имеет особенности ультраструктурного строения секреторных гранул (таблица).

Таблица

Типы железистых клеток в стенке тела и присоске гоплонемертины *Malacobdella grossa*

Клеточный тип	Описание
Серозные клетки	Форма тела вытянуто-ovalная, заужена в апикальной части. Ядро округлое, расположено в базальной части. Секреторные гранулы крупные с мелкозернистым секретом.
Слизистые клетки	Тела клеток крупные, не имеют четкой формы. Ядро в центре или на периферии.

	Секреторная гранула крупная, секрет волокнистый.
Гранулярные I типа	Форма тела округлая, вытянуто-ovalьная; Ядро округлое или вытянутое. Секреторные гранулы округлые и угловатой формы, гомогенный секрет с высокой электронной плотностью.
Гранулярные II типа	Форма тела вытянуто-ovalьная. Ядро округлое. Секреторные гранулы округлые, гомогенный секрет с высокой электронной плотностью.

В результате проведенного сравнительного анализа состава железистых клеток, обнаруженных в эпителии стенки тела и присоске гоплонемертины *Malacobdella grossa*, различий выявлено не было, однако, наблюдалось преобладание количества клеток в присоске. Кроме этого, встречались погруженные клетки, наличие которых не является характерным для данной группы. В результате выявлено преобладание погруженных слизистых и гранулярных клеток в присоске.

**Работа выполнена в ЦКП «Приморский океанариум», ННЦМБ ДВО РАН (Владивосток).**

#### *Список литературы*

1. Чернышев, А.В. Сравнительная морфология, систематика и филогения немертин / А.В. Чернышев. – Владивосток: Дальнаука, 2011. – 309 с.
2. Chernyshev, A.V. An updated classification of the phylum Nemertea / A.V. Chernyshev // Invertebr. Zool. – 2021. – Vol. 18. – P. 188–196.
3. Riepen, O. Anatomie und Histologie von *Malacobdella grossa* (Müll.) / O. Riepen // Zeitschr. Wissenschaft. Zool. - 1933. - Bd 143. - S. 323–496.

---

Тихонова О.А<sup>1,2</sup>, Веремейчик Г.Н.<sup>2</sup>

#### **ВЛИЯНИЕ МУТАЦИИ В СОЕДИНİТЕЛЬНОМ ДОМЕНЕ CDPK1 НА ПРОЦЕССЫ СТРЕСС-ИНДУЦИРОВАННОЙ ДЕГРАДАЦИИ ХЛОРОФИЛЛА**

<sup>1</sup>Кафедра биохимии и биотехнологии ИМО ДВФУ

<sup>2</sup>Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН

<sup>2</sup>Научный руководитель - к.б.н., с.н.с. Г.Н. Веремейчик

Глобальное потепление становится серьезной проблемой в области растениеводства. Термический стресс представляет собой сочетание сложных процессов, включая продолжительность, интенсивность и скорость повышения температуры выше оптимального уровня. Термический стресс нарушает клеточный гомеостаз, что в конечном итоге приводит к задержке роста и даже смерти и представляет собой серьезную угрозу для растениеводства во всем мире [1]. Одним из объектов в рамках изучения температурной резистентности являются кальций-зависимые протеинкиназы (CDPK). Данных о вовлеченности CDPK в процессы устойчивости к термическому стрессу не так много [2]. При исследовании нативных форм гена, эффекты стресс-вовлеченных изоформ CDPK зависят от цитоплазматической концентрации кальция [3], которая модулируется другими сигнальными системами и петлями обратного взаимодействия, что приводит к сглаживанию CDPK-опосредованного ответа. Мутантные формы *AtCPK1* были впервые созданы [4] для изучения механизма псевдосубстратного аутоингибиования. Замена шести нуклеотидов привела к созданию  $\text{Ca}^{2+}$ -независимой мутантной формы фермента – KJM23, которая на 86% превышает активность нативной

формы (Ci, от англ. Calcium Independent). Мутантная форма, полностью блокирующая активность - KJM4 [5], использовалась для контроля влияния трансформации (Na, от англ. Not Active).

Был проведен сравнительный анализ эффектов теплового стресса на растения табака при трансформации как нативной формы гена (Ak), так и мутантной (Ci), для оценки влияния мутации аутоингибиторного домена гена CDPK на устойчивость растений табака к высоким температурам. Мы определили уровень стресс-индуцируемой деградации хлорофилла в листьях по содержанию филлобилинов с помощью ВЭЖХ-ДАД-МСВР/МС<sup>2</sup> после воздействия теплового стресса на растения табака, трансформированные неактивной (Na), нативной (Ak) и постоянно активной (Ci) изоформой *AtCPK1* (Рисунок 1, А). А также методом ПЦР-РВ оценили эффект теплового стресса на биосинтез абсцизовой кислоты по экспрессии основного гена биосинтеза *NCED3* (Рисунок 1, Б) и определили экспрессию гена основного фермента, отвечающего за стресс-индуцируемую деградацию хлорофилла, *SAG12* (Рисунок 1, В). При температурном воздействии уровень филлобилинов для контрольных, а также Na- и Ak-трансгенных растений был увеличен более, чем в 10 раз по сравнению с контрольными условиями. В растениях Ci уровень филлобилинов был значительно ниже и отличался от контрольных условий не более, чем в 2 раза. Известно, что АБК, как экзогенная, так и эндогенная, положительно регулирует естественные процессы старения и стресс-индуцируемое старение. Мы показали, что при стандартных условиях культивирования экспрессия изоформы *NtNCED3* увеличена в растениях Ci более, чем в 3 раза по сравнению с остальными вариантами растений. В стрессовых условиях она достоверно не изменяется у остальных растений, а у Ci-трансгенных растений происходит снижение в 7 раз относительно контрольных условий. Экспрессия изоформы *NtSAG12* в экспериментальных условиях не изменилась для растений Ak. Для Na-трансгенов и контрольных растений наблюдалось достоверное увеличение экспрессии. Для мутантов Ci показано 45-ти кратное уменьшение экспрессии в ответ на стресс.

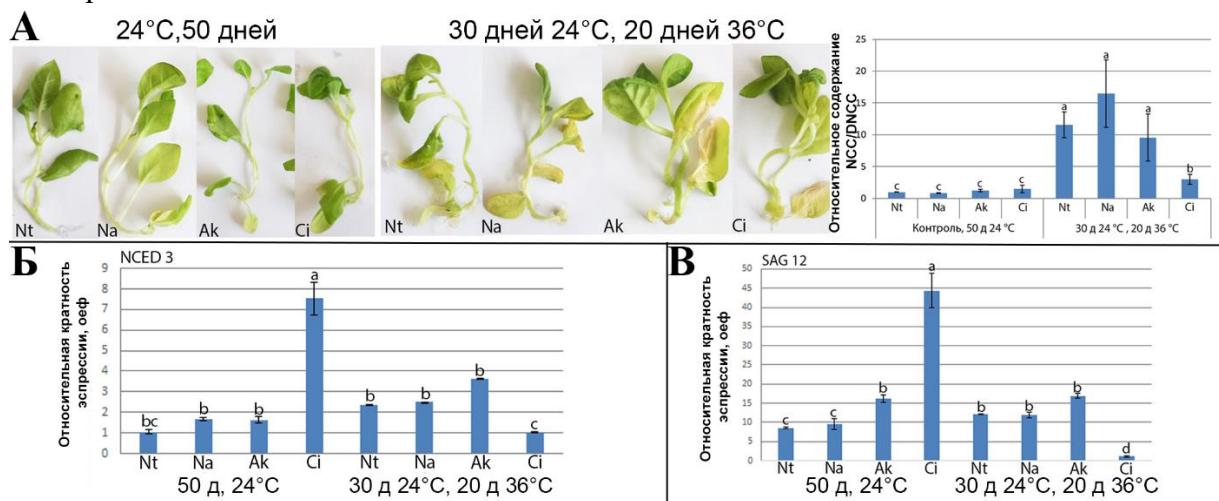


Рисунок 1 – Действие теплового стресса на растения табака на 50-й день роста в условиях *in vitro*, а также на растения, 30 дней росших в контрольных, и 20 дней находившихся под тепловым стрессом (36°C), на контрольные (Nt) и трансгенные растения *N. tabacum*, трансформированные нативной (Ak), мутантными неактивной (Na) и постоянно активной (Ci) формами гена *AtCPK1*.

А – Влияние на содержание катаболитов хлорофилла NCC/DNCC в растениях *N. tabacum*

Б – Влияние на экспрессию гена фермента биосинтеза АБК *NCED3*

В – Влияние на экспрессию гена АБК-зависимой протеазы, ассоциированной со старением *SAG12*

Мы предполагаем, что *AtCPK1*, в условиях купирования зависимости от внутриклеточных колебаний кальция, ингибирует биосинтез АБК при тепловом стрессе, предотвращая реакцию

гиперчувствительности в виде стресс-индуцированной деградации хлорофилла. В *AtCPK1*-зависимой регуляции АБК сигнальной системы при тепловом стрессе задействованы ингибирование АБК-зависимого гена протеазы *SAG12*. Таким образом, введение мутации в аутоингибиторный домен CDPK1 является перспективным подходом в генно-инженерной модуляции устойчивости растений к стрессам.

*Благодарности и финансовая поддержка: Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ 24-24-00005.*

#### *Список литературы*

1. Hall, A. E. Crop responses to environment / A. E. Hall. // CRC press, 2000. – 248 с.
2. Larkindale, J. Protection against heat stress-induced oxidative damage in *Arabidopsis* involves calcium, abscisic acid, ethylene, and salicylic acid / J. Larkindale, M.R. Knight // Plant physiology. – 2002. – Т. 128. – №. 2. – С. 682-695.
3. Resentini, F. Simultaneous imaging of ER and cytosolic Ca<sup>2+</sup> dynamics reveals long-distance ER Ca<sup>2+</sup> waves in plants / F. Resentini, M. Grenzi, D. Ancora, M. Cademartori, L. Luoni, M. Franco, A. Bassi, M. Cristina Bonza, A. Costa // Plant Physiology. – 2021. – Т. 187. – №. 2. – С. 603-617.
4. Harper, J.F. Genetic identification of an autoinhibitor in CDPK, a protein kinase with a calmodulin-like domain / J.F. Harper, J.-F. Huang, S.J. Lloyd // Biochemistry. – 1994. – № 33. – Р. 7267–7277.
5. Huang, J.-F. Activation of a Ca<sup>2+</sup>-dependent protein kinase involves intramolecular binding of a calmodulin-like regulatory domain / J.-F. Huang, L. Teyton, J.F. Harper // Biochemistry. – 1996. – № 35. – Р. 13222–13230.

---

Шибаева В. В.<sup>1</sup>

#### **ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СИБИРСКОГО ТРУБКОНОСА MURINA HILGENDORFI (PETERS, 1880) НА ТЕРРИТОРИИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ**

<sup>1</sup>Кафедра клеточной биологии и генетики ИМО ДВФУ

<sup>2</sup>Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН <sup>2</sup>Научный руководитель – к.б.н., н.с. У. В. Горобейко

Большой, или сибирский трубконос (*Murina hilgendorfi*) — вид млекопитающих отряда рукокрылых. Область распространения большого трубконоса связана с лесами, преимущественно хвойно-широколиственными и широколиственными, произрастающими в горах до 4000 м над уровнем моря [6]. *M. hilgendorfi* распространен от Алтая до островов Сахалина, Кунашира и Японии, на юг до северной Монголии, северо-восточного Китая и Кореи [4]. На Дальнем Востоке России отмечен в Приморском и Хабаровском крае, на юге острова Сахалин и Кунашире [1, 6].

Биология сибирского трубконоса *M. hilgendorfi* остается мало изученной по причине редкости находок данного вида, вследствие чего сибирский трубконос занесен в большинство региональных Красных книг Сибири, в частности в Красную книгу Бурятии [2], Красную книгу Иркутской области [3] в категории 3 – редкий вид. Однако на Дальнем Востоке в Приморском крае является обычным видом, массовым на зимовках [5, 6].

Материалом для работы послужили образцы тканей 6 особей *M. hilgendorfi*, собранных У. В. Горобейко из разных локалитетов Приморского края (таблица).

Таблица

Материалы исследования

Номер	Пол	Локалитет	Дата	Кем собран
3388	♀	Приморский край, пещера Белый Дворец	3-7.11.2013	Горобейко
3580	♂	г. Владивосток, форты	18.02.2014	Горобейко
3581	♂	г. Владивосток, форты	18.02.2014	Горобейко
3583	♀	Приморский край, пещера Серафимовская	09.03.2014	Горобейко
3585	♂	Приморский край, пещера Комсомольская	09.03.2014	Горобейко
4281	♂	Приморский край, пещера Соляник	05.11.2017	Горобейко

Для сравнительного анализа использованы последовательности сутB мтДНК, депонированные в GenBank (*M. hilgendorfi*: 30 особей из пещеры Приморский Великан, 2 особи из Кореи, 1 особь из Китая; в качестве внешних групп для сравнения использовались 6 особей *Murina leucogaster* и по 1 особи *Murina fanjingshanensis*, *Murina cyclotis*, *Murina tiensa*, *Murina bicolor*)

В ходе работы были получены полные последовательности цитохрома B длиной 1140 п. н. Для построения Maximal Likelihood филогенетического дерева на основе полных последовательностей сутB было использовано программное обеспечение Mega 11. Модель: HKY+G (Hasegawa-Kishino-Yano + Gamma Distributed, нормальное распределение), достоверность филогенетических построений оценивалась с помощью 1000 bootstrap-репликаций, где достоверными считались результаты выше 70%. Для построения Median joining-сети гаплотипов длиной 999 п. н. использована программа Network10; для анализа генетического разнообразия и построения графика попарных нуклеотидных различий mismatch-distribution была использована программа DNAsp6.

На филогенетическом дереве все сиквенсы *Murina hilgendorfi* группируются в единую кладу и достоверно отличаются от других видов трубконосов. Внутри группы подразделенность небольшая, с низкой bootstrap-поддержкой (23–63%).

На сети гаплотипов мы видим присутствие центрального гаплотипа и большого количества гаплотипов, отличающихся от него на 1–4 замены, к которым принадлежит большая часть исследуемой выборки, что также согласуется с высоким гаплотипическим разнообразием в сочетании с низкой нуклеотидной изменчивостью, выявленными в исследуемой выборке. На графике mismatch-distribution это проявляется большим пиком в начальной части графика. Данные результаты могут свидетельствовать о быстрой недавней радиации (расхождении) от небольшого числа основателей, что дополнительно подтверждается отрицательными и достоверными значениями теста Таджими на нейтральность эволюции.

При этом второй пик графика mismatch-distribution показывает наличие сильно дифференцированных гаплотипов, что мы видим и на сети гаплотипов: Япония (AB085733), Южная Корея (GQ168909, KM893454), один экземпляр из пещеры Приморский Великан Приморского края (MG897568). Из этого можно сделать вывод, что на зимовке в пещере Приморский Великан присутствуют две различные генетические линии, количество замен между которыми (12) сопоставимо с количеством замен между центральным гаплотипом и японскими (13), центральным гаплотипом и корейскими (10). В то же время другие особи из Приморского края, а также особь из Китая, провинции Хейлунцзян (KX467598) отличались от центрального гаплотипа не более, чем на 1–3 нуклеотидных замены. На филогенетическом дереве корейские и японские особи имеют небольшие генетические различия от основной выборки, однако поддержка данных линий не очень высокая.

Одно из возможных объяснений выявленной генетической неоднородности трубконосов на зимовке в пещере Приморский Великан – роль этой пещеры как основного места сворминга трубконосов в Приморском крае. Во время сворминга летучие мыши слетаются ко входам в пещеры из разных мест ради спаривания, что способствует генетическому перемешиванию [1]. Часть генетически разнородных особей, по всей видимости, при наличии подходящих условий могут оставаться на зимовку в местах сворминга.

Несмотря на сравнительно невысокую внутривидовую генетическую изменчивость, на территории Приморского края для сибирского трубконоса мы впервые обнаруживаем присутствие двух сильно дивергировавших генетических линий, что требует дальнейшего исследования.

#### *Список литературы*

1. Казаков, Д.В. Сворминг рукокрылых в Сибири и на Дальнем Востоке / Д.В. Казаков, А.П. Шумкина, У.В. Горобейко, А.Д. Ботвинкин, О.Н. Морозов // Экологические особенности биологического разнообразия: материалы VIII Международной конференции. - Душанбе: Дониш, 2019. - Р.76-77.
2. Красная книга Иркутской области / отв. ред. В. В. Попов. – Иркутск: Время странствий, 2010. – 480 с. 11.
3. Красная книга Республики Бурятия: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов / отв. ред. Н. М. Пронин. – Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2013. – 688 с.
4. Крускоп, С.В. Отряд Chiroptera. / С.В. Крускоп // В кн.: Павлинов И.Я., Лисовский А. А. (ред.) Млекопитающие России: систематико-географический справочник (Сборник трудов Зоологического музея МГУ. Т. 52). - М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. С. 73–126.
5. Тиунов, М.П. Рукокрылые Дальнего Востока России / М.П. Тиунов. –Владивосток: Дальнаука, 1997. – 134 с.
6. Тиунов, М. П. Рукокрылые Дальнего Востока России и их эктопаразиты / М.П. Тиунов, С.В. Крускоп, М.В. Орлова. – М.: Издательство «Перо», 2021. – 191 с.

---

Шкрыль Ю.Н.<sup>1,2</sup>, Сорокина М.Р.<sup>1,2</sup>, Русалетова Т.В.<sup>2</sup>, Югай Ю.А.<sup>2</sup>, Елисейкина М.Г.<sup>3</sup>

#### **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАСТИТЕЛЬНОГО БИОФАРМИНГА ВАКЦИН НА ОСНОВЕ ВИРУСОПОДОБНЫХ ЧАСТИЦ**

<sup>1</sup>Базовая кафедра биологической и биохимической инженерии ПИШ ДВФУ

<sup>2</sup>Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН

<sup>3</sup>Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН

<sup>1,2</sup>Научный руководитель - к.б.н., н.с., доцент Ю.Н. Шкрыль

В настоящее время одной из актуальных проблем сельского хозяйства является вакцинация животных, так как вирусные инфекционные заболевания могут приводить к гибели до 100% поголовья [1]. На данный момент для активной иммунизации животных в основном используются классические живые вакцины на основе аттенуированных патогенных организмов. Однако живые вакцины имеют ряд существенных недостатков: процесс получения ослабленных штаммов может занимать годы, при этом для культивирования вируса применяются дорогостоящие клеточные культуры.

К настоящему времени существуют более высокотехнологичные подходы для создания вакцин, в том числе с использованием технологии рекомбинантной ДНК. Одним из наиболее перспективных

направлений можно назвать технологию вирусоподобных частиц (ВПЧ) [2]. ВПЧ представляют собой молекулярные комплексы, состоящие из структурных вирусных белков, и несущие антигены целевого патогена. При этом ВПЧ лишены генетического материала вируса и не способны к репликации в организме иммунизируемого животного. Также невозможность репликации ВПЧ решает проблему обратной эволюции адаптированных штаммов в исходное вирулентное состояние. Целью данного исследования являлась разработка и тестирование системы продукции ВПЧ в листьях растения *Nicotiana benthamiana*.

Для выполнения цели была разработана экспрессионная система на основе бинарного вектора pHREAC, содержащая последовательность, кодирующую поверхностный антиген гепатита В, слитый с зелёным флуоресцентным белком. Рекомбинантная конструкция была перенесена в клетки *Agrobacterium tumefaciens* EHA105 методом электропорации. Для продукции ВПЧ листья 4-недельных растений табака *N. benthamiana* инфильтровали агробактериями посредством шприца без иглы. Выделение ВПЧ осуществляли при помощи фильтрации, дифференциального центрифугирования и гель-фильтрации.

Очистку полученных образцов осуществляли методом гель-фильтрации с сорбентом Superdex-200 в натрий-фосфатном буфере при помощи хроматографа Duo-flow (Bio-Rad, США).

Наличие химерного белка детектировали с использованием флуориметра Fluo-100 (Allsheng, Китай) (рисунок 1), методом электрофореза в поликарбамидном геле с последующей идентификацией с использованием времяпролётной масс-спектрометрии Autoflex speed (Bruker, США). В качестве контрольного образца был использован табак *N. benthamiana*, не несущий экспрессионную конструкцию.

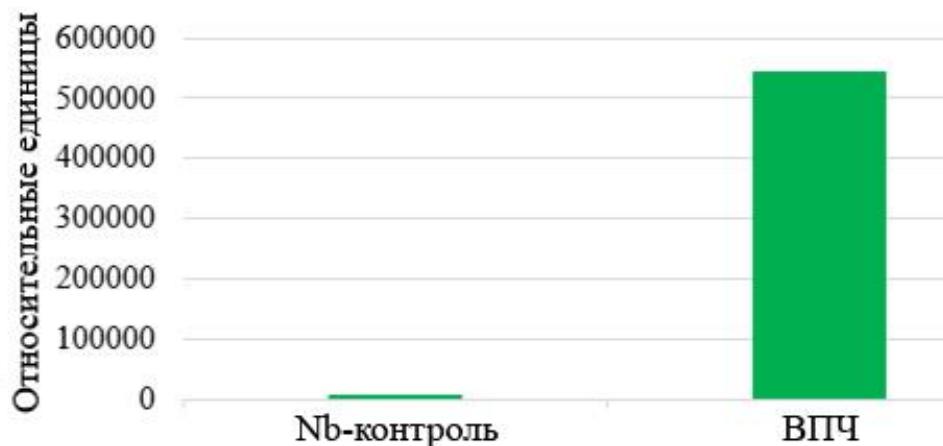


Рисунок 1 – Данные флуориметрии химерных ВПЧ, несущих зелёный флуоресцентный белок

Микрофотографии ВПЧ (рисунок 2А) получены с помощью трансмиссионного электронного микроскопа (ТЭМ) Libra 120 (Carl Zeiss, Германия). Концентрацию частиц определяли с помощью анализа траектории движения наночастиц (NTA) с использованием Nanosight NS500 (Malvern Instruments, Великобритания) (рисунок 2Б).

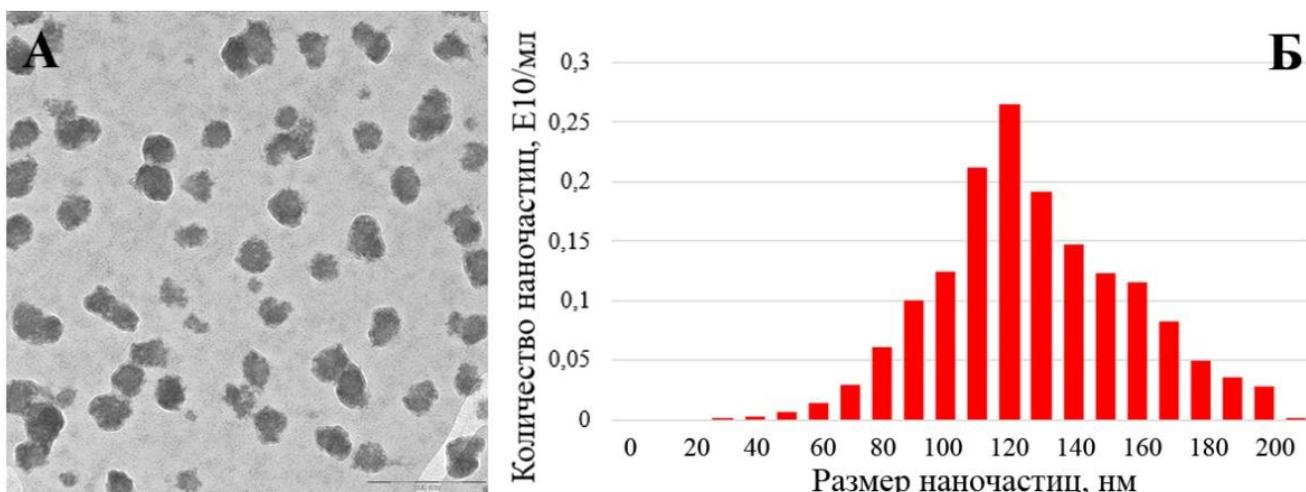


Рисунок 2 – ТЭМ изображение ВПЧ (А) и данные НТА (Б)

По данным ТЭМ размер ВПЧ составил 50 нм, а по данным НТА средний гидродинамический диаметр составил 120 нм. При этом концентрация наночастиц на 1г ткани  $0,366 \cdot 10^{10}$ .

Разработанная в настоящем исследовании эффективная система экспрессии может быть применена для создания противовирусных вакцин, имеющих ценность для сельского хозяйства и предотвращения распространения инфекций, для которых не существует способов лечения.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Соглашение № 075-15-2022-1143 от 07 июля 2022 г.).*

#### Список литературы

1. Edwards, S. Classical swine fever: the global situation / S. Edwards, A. Fukusho, P.-C. Lefèvre, A. Lipowski, Z. Pejsak, P. Roehe, J. Westergaard // Veterinary Microbiology. – 2000. – Vol. 73. – P. 103-119.
2. Mohsen, M. O. Major findings and recent advances in virus-like particle (VLP)-based vaccines / M. O. Mohsen, L. Zha, G. Cabral-Miranda, M. F. Bachmann // Seminars in Immunology. – 2017. – Vol. 34. – P. 123-132.

Шпеко В.С.<sup>1</sup>

#### ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГЕНА ЦИТОХРОМА В У КРАСНО-СЕРОЙ ПОЛЕВКИ CRASEOMYS RUFOCANUS В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

<sup>1</sup> Кафедра клеточной биологии и генетики ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН

<sup>2</sup> Научный руководитель - к.б.н., с.н.с. И.Н. Шереметьева

Историческая биогеография достаточно неплохо изучена в западной части Палеарктики для наземных позвоночных, где к настоящему времени описаны геоклиматические процессы, которые сформировали современное генетическое разнообразие, включая выявление основных мест нахождения ледниковых рефугиумов и путей постледникового расселения. Несмотря на то, что территория Дальнего Востока показывает более высокое биологическое разнообразие и эндемизм по сравнению с Европейской частью России, к настоящему времени она менее изучена с филогеографической точки зрения. До сих пор отсутствует или носит фрагментированный характер информация о внутривидовой генетической структуре отдельных видов, что затрудняет оценку того, какие исторические факторы повлияли на эволюцию биоты этого региона.

Считается, что решающими для сегодняшнего распространения видов и генетической структуры были климатические колебания в плейстоцене (от 2,58 млн до 12 000 лет назад), когда многие популяции были изолированы в различных ледниковых рефугиумах [2; 3]. Это привело к аллопатрической дифференциации и внутривидовой изменчивости [4; 5]. Для Дальнего Востока России площадь, занятая ледниками в плейстоцене, была значительно меньше, чем в Европе и Северной Америке, и ограничивалась в основном горными территориями, несмотря на это, глобальные климатические колебания все же оказывали свое влияние на флору и фауну региона. Во времена похолодания и осушения климата происходило сокращение площади лесов, это сокращение площади и разрывы в потенциальных местообитаниях не могли не сказываться на структуре лесных видов.

Красно-серая полевка – типичный представитель древнетаежной фауны темнохвойной тайги. Имеет широкое распространение в Евразии. В лесах юга Дальнего Востока, наряду с восточноазиатской мышью, является фоновым видом. При проведении анализа изменчивости фрагмента гена *cyt b* ранее были выявлены четыре гаплогруппы – A, B, C и D – у вида [1]. При этом большая часть генетического разнообразия обнаружена на юго-востоке ареала (на юге Дальнего Востока). Следует отметить, что большая часть материала из Приморского края была проанализирована с Сихотэ-Алиня, тогда как особи с отрогов Маньчжуро-Корейских гор (Чёрные горы, Борисовское плато и Пограничный хребет) в анализ не попали.

Целью настоящей работы является анализ распределения филогенетических линий красно-серой полевки (*Craseomys rufocanus*) в Приморском крае.

**Материал и методы.** Материалом для исследования послужили ткани 10 экземпляров красно-серых полевок из четырех локалитетов Приморского края, хранящиеся в коллекции ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН и предоставленные сотрудниками лаборатории эволюционной зоологии и генетики. Кроме этого, в работе были использованы 34 гомологичные последовательности отловленных в Приморском крае полевок, находящиеся в Genbank/NCBI под номерами AB031565 - AB031572 и JF713573 - JF713598.

Сбор материала сотрудники лаборатории проводили в окрестностях поселков Хороль (За22 и 4а22) и Пограничный (3876 и 3912), на территории Горно-таежной станции (241-22 - 244-22) и перевала Лазурный (282-22 и 283-22).

При получении нуклеотидных последовательностей гена цитохрома *b* была использована методика, описанная ранее Н.И. Абрамсон с соавторами [1]. Впервые полученные последовательности выравнивали вручную в программе BioEdit 7.2.5. Филогенетическую сеть строили с помощью программы Network 10.2.

**Результаты и обсуждения.** Для всех 10 исследуемых образцов *Craseomys rufocanus* были получены нуклеотидные последовательности разной длины. После выравнивания с гомологичными последовательностями, взятыми из GenBank/NCBI, других авторов [1] длина фрагмента составила 625 пар нуклеотидов.

В результате было обнаружено восемь гаплотипов, шесть из которых обнаружены впервые и были уникальны (встречены у одной особи). Остальные два ранее уже встречали на территории Приморского края. В результате филогенетической реконструкции все образцы разделились на 4 группы: A, B, C и D. Эти группы в целом согласуются с гаплогруппами, описанными ранее в работе Абрамсон с соавторами [1]. При этом есть ряд особенностей, так на нашем филогенетическом древе имеется разделение гаплогруппы D на две подгруппы. Кроме этого, не прослеживается четкой подразделенности внутри гаплогруппы C. Так подгруппа C-3, выделенная Абрамсон с соавторами, на древе располагается внутри подгруппы C-1. Все вновь исследованные образцы принадлежат к трем филогенетическим линиям – D-1, C-2 и C-3.

Была проанализирована частота встречаемости разных линий в отдельных популяциях, в результате чего обнаружена неравномерность распределения филогенетических линий по территории Приморского края. Выборки из окрестностей г. Уссурийск Горно-таежной станции и верховья р. Уссури Верхнеуссурийский стационар оказались генетически наиболее разнообразны за счет присутствия в них трех и четырех филогенетических линий, соответственно. При этом впервые было показано, что на территории западного Приморья встречается только филогенетическая линия D.

#### *Список литературы*

1. Abramson, N. I. Phylogeography of the gray red-backed vole *Craseomys rufocanus* (Rodentia: Cricetidae) across the distribution range inferred from nonrecombining molecular markers / N. I. Abramson, T. V. Petrova, N. E. Dokuchaev, E. V. Obolenskaya et al. // Russian Journal of Theriology — 2012. — Vol. 11, №2. — P. 137–156.
2. Davis, M. B. Range shifts and adaptive responses to Quaternary climate change / M. Davis, R. G. Shaw // Science. — 2001. — Vol. 292, № 5517. — P. 673—679.
3. Hewitt, G. M. Genetic consequences of climatic oscillations in the Quaternary / G. M. Hewitt // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences. — 2004. — Vol. 359, № 1442. — P. 183—195.
4. Ren, G. Genetic consequences of Quaternary climatic oscillations in the Himalayas: *Primula tibetica* as a case study based on restriction site-associated DNA sequencing / G. Ren, R. G. Mate, J. Liu, T. Suchan et al. // New Phytologist. — 2017. — Vol. 213, № 3. — P. 1500–1512.
5. Stewart, J. R. Refugia revisited: Individualistic responses of species in space and time / J. R. Stewart, A. M. Lister, I. Barnes, L. Dalen // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. — 2010. — Vol. 277, № 1682. — P. 661–671.

---

Шульга У.Е.<sup>1</sup>

#### **ВЫЯВЛЕНИЕ НЕНЕЙРОНАЛЬНОГО АЦЕТИЛХОЛИНА В ГОНАДАХ МОРСКИХ ЗВЁЗД PATIRIA PECTINIFERA**

<sup>1</sup>Кафедра клеточной биологии и генетики ИМО ДВФУ

<sup>2</sup>Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН

Научные руководители - к.б.н., с.н.с. А.В. Калачев<sup>2</sup>, к.б.н., и.о. зав. кафедрой, доцент Н.Е. Зюмченко<sup>1</sup>

С середины XX столетия морские звёзды являются удобным объектом для изучения механизмов гаметогенеза и нереста [1]. Это связано с тем, что многие виды данного класса иглокожих способны продуцировать огромное количество яйцеклеток и сперматозоидов в течение репродуктивного периода. Столь высокая плодовитость требует отлаженных механизмов, обеспечивающих не только правильный процесс пролиферации и дифференцировки половых клеток, но и эффективное скоординированное выведение гамет из организма в окружающую среду.

На данный момент известно, что радиальные нервы морских звёзд вырабатывают пептидный гормон, первоначально получивший название «гаметовыводящее вещество», а несколько позже – «гонадостимулирующее вещество» [2]. Аминокислотная последовательность этого пептида сходна с последовательностью релаксина, и он был классифицирован как член семейства релаксиноподобных белков [1]. После этого открытия фактор радиальных нервов был переименован в релаксиноподобный гонадостимулирующий белок (РГБ) [3]. Действие РГБ направлено на поддерживающие соматические клетки выстилки гонады – вспомогательные клетки у самцов и фолликулярные клетки у самок, в

которых инициируется синтез 1-метиладенина (1-МА) [4, 5]. У самок 1-МА запускает возобновление процесса мейоза в ооцитах, отслоение фолликулярной оболочки и нерест [1]. У самцов данное вещество также вызывает выброс гамет в среду, но механизм его действия до сих пор неизвестен [4].

Несмотря на важные функции этих веществ, ни РГБ, ни 1-МА не способны вызывать сокращение стенки гонады. Недавно было высказано предположение, что индуктором сокращения стенки гонады при стимуляции 1-МА может выступать ацетилхолин. Согласно Мита после соприкосновения студенистых оболочек ооцитов со стенкой гонады нервные клетки, расположенные в стенке, выделяют ацетилхолин, который вызывает сокращение миоэпителиальных клеток и выброс гамет [6]. Позже Мита с соавторами, применив метод визуализирующей масс-спектрометрии, обнаружили ацетилхолин в просвете семенников и яичников морской звезды *Patiria pectinifera*. Поскольку ацетилхолин не был обнаружен в стенке гонады, авторы пришли к выводу, что ацетилхолин синтезируется клетками выстилки половой железы, откуда проникает в стенку гонады и достигает миоэпителиальных клеток, тем самым вызывая их сокращение и выброс гамет [7].

Цель данной работы — проверить гипотезу о наличии ненейронального ацетилхолина в гонадах морских звёзд *Patiria pectinifera*.

В результате проведенного исследования было установлено наличие ацетилхолинергических, а также серотонинергических нервных клеток в стенке гонад морских звёзд *P. pectinifera*. Клетки расположены в слое висцерального перитонеального эпителия, а также в выстилке генитального целомического синуса. Соматические и половые клетки выстилки половых желёз имеют необходимые ферменты и транспортеры для синтеза и высвобождения ацетилхолина. Согласованное и эффективное сокращение стенок гонад во время нереста осуществляется при участии нервной системы и нейронального ацетилхолина. Ненейрональный ацетилхолин выстилки гонады также может принимать участие в индукции сокращения миоэпителиальных клеток.

#### *Список литературы*

1. Mita, M. Relaxin-like gonad-stimulating substance in an echinoderm, the starfish: a novel relaxin system in reproduction of invertebrates / M. Mita // General and comparative endocrinology. – 2013. – Vol. 181. – P.241–245.
2. Kanatani, H. Mechanism of starfish spawning: action of neuronal substance obtained ovary / H. Kanatani // General and Comparative Endocrinology. – 1969. – Vol. 2. – P.582–589.
3. Haraguchi, S. Nucleotide sequence and expression of relaxin-like gonad-stimulating peptide gene in starfish *Asterina pectinifera* / S. Haraguchi et al. // General and comparative endocrinology. – 2015. – Vol. 227. – P.115–119.
4. Mita, M. Preliminary study on the receptor of gonad-stimulating substance (GSS) as a gonadotropin of starfish / M. Mita et al. // General and comparative endocrinology. – 2007. – Vol. 153. № 1–3. – P.299–301.
5. Mita, M. Hormonal action of relaxin-like gonadstimulating substance (GSS) on starfish ovaries in growing and fully grown states / M. Mita et al. // General and comparative endocrinology. – 2011. – Vol. 172. № 1. – P.85–89.
6. Mita, M. Inhibitory mechanism of L-glutamic acid on spawning of the starfish *Patiria (Asterina) pectinifera* / M. Mita // Molecular reproduction and development. – 2017. – Vol. 84. № 3. – P.246–256.
7. Mita, M. Mechanism of gamete shedding in starfish: Involvement of acetylcholine in extracellular  $\text{Ca}^{2+}$ -dependent contraction of gonadal walls / M. Mita et al. // General and comparative endocrinology. – 2020. – Vol. 290. – P.113401.

Фиалко А.В.<sup>1,2</sup>, Шкрыль Ю.Н.<sup>2</sup>, Булгаков В.П.<sup>2</sup>

## РОЛЬ ГЕНА HOS1 ARABIDOPSIS THALIANA В АДАПТАЦИИ К ХОЛОДОВОМУ СТРЕССУ

<sup>1</sup>Институт наук о жизни и биомедицины, ДВФУ

<sup>2</sup>Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН

<sup>1,2</sup>Научный руководитель – к.б.н., с.н.с. Ю.А. Югай

На данный момент одним из главных лимитирующих абиотических факторов является холод. Холодовой стресс является одним из основных экологических стрессов, который ограничивает географическое распространение растений в природе и может существенно снизить урожайность сельскохозяйственных культур. Холодовой стресс приводит к повреждениям растений, связанных с изменением структуры мембран и уменьшением протоплазматического потока, утечкой электролитов и плазмолизом [1]. Растения используют определенные стратегии, чтобы справиться со стрессовыми условиями. Вначале эти методы приводят к модификациям, защищающим растение, а затем к холодовой акклиматизации, которая повышает выживаемость растения в условиях холодового стресса [2]. Ген *HOS1* (high expresion of osmotically responsive gene 1) негативно влияет на холодоустойчивость растений [3]. Он ингибирует работу гена *ICE1* (inducer of *CBF* expression 1), ответственного за дальнейшую активацию холодовых генов [3].

В рамках данной работы был проведен CRISPR/Cas9-опосредованный мутагенез гена *HOS1* у *Arabidopsis thaliana* (*A. thaliana*), который привел к сдвигу рамки считывания и появлению преждевременных стоп-кодонов. Растения мутантной линии *hos1* были сопоставлены с контрольной линией *A. thaliana* на предмет устойчивости клеточной мембраны к холодовому стрессу и уровня экспрессии генов, реагирующих на холод. При первом воздействии холода у мутантной линии *hos1* была замечена более значительная утечка электролитов по сравнению с контрольной группой, что указывает на повышенную чувствительность клеточной мембраны к холоду. При повторном холодовом воздействии наблюдалась обратная ситуация: мутанты *hos1* оказались менее восприимчивы к холодовому воздействию, чем контроль. Уровень экспрессии холодовых генов пути *CBF* (c-repeat-binding factors) у мутантов *hos1* при первичной обработке холодом, акклиматизации и повторном холодовом воздействии оставался в несколько раз выше, чем у контрольной линии. Экспрессия гена диацетилазы *HD2C* (histone deacetylation 2C), репрессирующая экспрессию холодовых генов *COR* (cold-regulated), была выше после первого холодового воздействия и акклиматизации у мутантного *hos1*, но после повторного холодового воздействия была одинакова у контрольной и мутантной линии.

Полученные данные свидетельствуют о том, что ген *HOS1* играет важную роль в холодовой адаптации. Нокаут гена *HOS1* *A. thaliana* при холодовом стрессе ведет к заметному увеличению работы холодовых генов, а клеточная мембрана становится более устойчивой к внешним факторам. Все это в совокупности говорит о лучшей акклиматизации *A. thaliana* с нокаутом гена *HOS1*.

### Список литературы

1. Yadav, S. Effect of Abiotic Stress on Crops, in: Sustainable Crop Production / S. Yadav, P. Modi, A. Dave, A. Vijapura, D. Patel, M. Patel, S. Yadav, P. Modi, A. Dave, A. Vijapura, D. Patel, M. Patel // IntechOpen. - 2020. - <https://doi.org/10.5772/intechopen.88434>
2. Flowers, T.J. Improving crop salt tolerance / T.J. Flowers // Journal of Experimental Botany. – 2004. – Vol. 55, № 396. – P. 307–319.
3. Dong, C.H. The negative regulator of plant cold responses, HOS1, is a RING E3 ligase that mediates the ubiquitination and degradation of ICE1 / C.H. Dong, M. Agarwal, Y. Zhang, Q. Xie, J.K. Zhu // Proceedings of the National Academy of Sciences, USA. - 2006. – Vol. 103. – P. 8281–8286.

Хопта А.А.<sup>1</sup> Веремейчик Г.Н.<sup>1</sup>

## ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ АГРОБАКТЕРИАЛЬНОГО ГЕНА ROLB В ПРОЦЕССАХ ТЕРМОТОЛЕРАНТНОСТИ РАСТЕНИЙ

<sup>1</sup>Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН

<sup>1</sup>Научный руководитель - к.б.н., с.н.с. Г.Н. Веремейчик

Биотехнологическое производство биологически активных веществ связано с получением стабильных растительных штаммов-суперпродуцентов. Одним из перспективных направлений является исследование эффектов генов *rol*, участвующих в агробактериальной колонизации растений за счет горизонтального переноса генетического материала. Экспрессия генов *rol* из Т-ДНК *Agrobacterium rhizogenes* в трансгенных растениях или клеточных культурах вызывает активацию вторичного метаболизма [3]. Актуальность изучения *rol* заключается в высокой значимости молекулярных регуляторов и к повышению устойчивости к неблагоприятным экологическим факторам, в особенности остро стоит в проблеме засухи. Изменение климата способствовало возникновению засух, которые оказывают негативное влияние на сельскохозяйственное производство. Засуха – одна из важных проблем, связанная с глобальным изменением климата [1].

Контрольные WT и *rolB*-трансгенные B2, B5 и B13 растения *Arabidopsis thaliana* использовали для анализа устойчивости к засухе. После 20 дней стандартного выращивания, растения на 20 дней оставляли без полива. В конце периода водного дефицита все растения демонстрировали симптомы обезвоживания, включая увядание листьев и стеблей. После этого растения повторно поливали, и на следующий день проверяли восстановление. Контрольные растения были значительно повреждены. В то время как растения, экспрессирующие A4-*rolB*, продемонстрировали улучшенную засухоустойчивость и восстановили рост (рисунок 1).

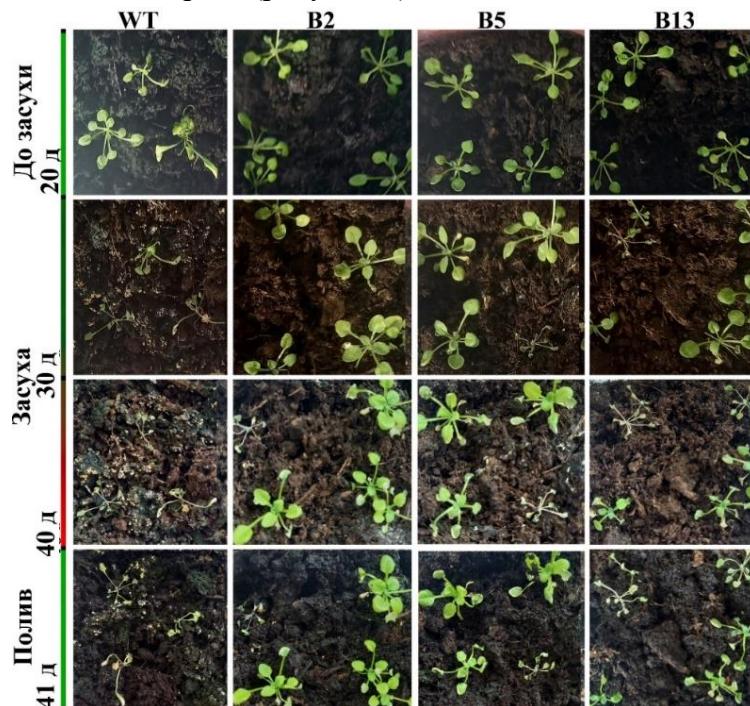


Рисунок 1 – Устойчивость к засухе, тесты контроля (WT) и F3 из A4-*rolB*-трансгенных линий *A. thaliana* (B2, B5 и B13). 20-дневные и 30-дневные растения до и после 40- и 14-дневного засушливого стресса, соответственно, и восстановленные после повторного полива. Фотография является репрезентативной для экспериментов, проведенных в трех экземплярах.

Трансформация геном *rolB* оказала значительный положительный эффект на устойчивость растений *A. thaliana* к кратковременному тепловому стрессу на инициальной стадии прорастания семян (Рисунок 2, А, Б). При этом, выращивание проросших в течение первых двух суток при контрольной температуре проростков при последующей повышенной температуре оказалось одинаковый легкий ингибирующий эффект как на контрольные растения, так и на трансгенные (Рисунок 2, В).

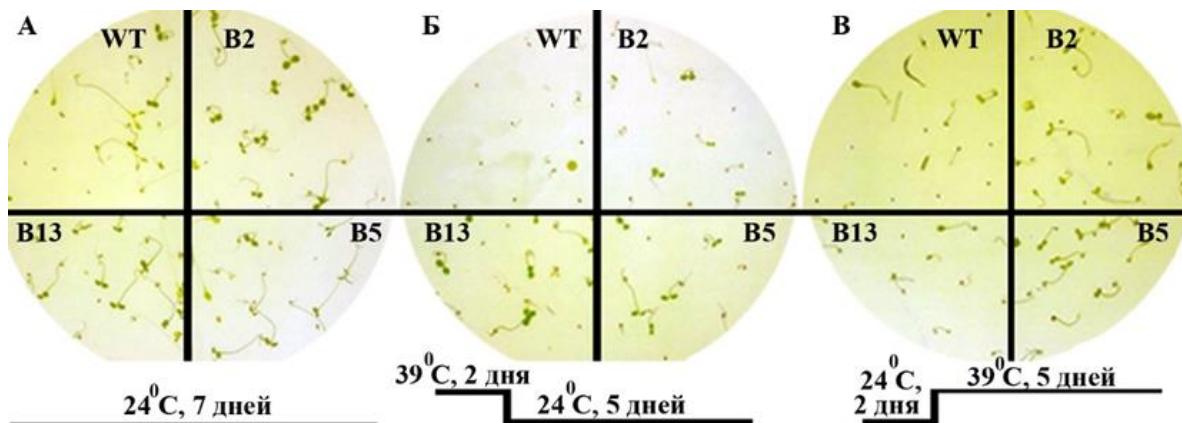


Рисунок 2 – Влияние теплового стресса на рост контрольных и трансгенных растений

А – внешний вид растений, выращенных в контрольных условиях;

Б – внешний вид растений, выращенных при 39°C (2 дня), потом при 24°C 5 дней;

В – внешний вид растений, выращенных 2 дня при 24°C, затем 8 дней при температуре 39°C.

Исследования последних лет показали наличие генов *rol* в геноме некоторых растений, в том числе сельскохозяйственных [2]. То есть, в процессе эволюции в природе имели место независимые случаи переноса Т-ДНК агробактерий в геном растения с последующим наследованием и дальнейшей совместной эволюцией. Наиболее изученным примером переноса генов между царствами является опосредованная *Agrobacterium* трансформация растений, которая используется в качестве основного подхода как в фундаментальных, так и в практических областях биоинженерии растений [3]. Ген A4-*rolB* является одной из основных генетических детерминант опосредованного *Rhizobium rhizogenes* HGT. Лучшее понимание функциональных особенностей A4-*rolB* как в отношении основного действия, так и в отношении различных модификаций, таких как ростовые изменения и модификации в метаболизме, может привести к полезным биотехнологическим применению гена A4-*rolB* и прояснить, как это полезно для бактерии.

*Благодарности и финансовая поддержка: Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ 23-24-00215.*

#### Список литературы

1. Nosov, V.V. Indemnities to Russian farmers for losses due to extreme weather event losses: the challenges and opportunities / V.V. Nosov et al. // Agronomy Research. Eesti Polulumajanduslikool. - 2022. - Vol. 20. - P. 357-370.
2. Chen, K. Natural *Agrobacterium* transformants: recent results and some theoretical considerations / K. Chen // Frontiers in plant science. – 2017 – T. 8. – C. 1600.
3. Guo, M. Agrobacterium-mediated horizontal gene transfer: mechanism, biotechnological application, potential risk and forestalling strategy / M. Guo // Biotechnol. – 2018 – T. 37. – C. 259–270.

## Раздел VIII МАТЕМАТИКА

Бондрова О.В.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО КОТИКА

Департамент математики ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель - д-р физ.-мат. наук О.Л. Жданова

В работе рассматривается модель динамики численности популяции Северного морского котика (*Callorhinus ussurinus*), обитающего на острове Тюлений в Охотском море, который долгое время был ценным промысловым объектом. Коммерческий промысел северных морских котиков значительно сократил их численность на всем ареале обитания.

На фоне многолетнего регулируемого промысла в популяции морского котика о-ва Тюлений появились признаки депрессии наиболее явным проявлением которой стало уменьшение продукции новорожденных щенков. Промысел после 2008 г. полностью прекращен, однако ожидаемого восстановления популяции не произошло. Такая тенденция позволяет предположить, что на фоне промысла в популяции произошли значительные изменения, связанные с перестройкой внутрипопуляционных параметров, результатом которых стало снижение репродуктивного потенциала стада морских котиков [1].

Рассматривается модель, включающая все котиковое стадо. Ограничимся разбиением котикового стада на 4 группы:

$$\begin{cases} x_1(n+1) = kv_2(n)x_2(n)x_4(n)/(\rho x_2(n) + x_4(n)) \\ x_2(n+1) = \alpha x_1(n) - \beta x_1^2(n) + v_2(n)x_2(n) \\ x_3(n+1) = \alpha x_1(n) - \beta x_1^2(n) + x_3(n)v_3(n) \\ x_4(n+1) = \omega(n)x_3(n) + x_4(n)v_4(n) \end{cases}, \quad (1)$$

где  $x_1$  - щенки;

$x_2$  - самки одного года и старше;

$x_3$  - неполовозрелые самцы одного года и старше;

$x_4$  – секачи;

$k$  – репродуктивный потенциал самок (равный произведению физиологической способности самки забеременеть и количества детёныш в одном помёте),

$\rho$  – это такое соотношение самцов и самок

$x_4/x_2$  в популяции, при котором оплодотворенной оказывается только половина самок,

$2\alpha$  – максимально возможная выживаемость при отсутствии лимитирования,

$\frac{\beta}{\alpha}$  – коэффициент самолимитирования,

$v_2, v_3, v_4$  – выживаемость самок, холостяков, секачей,

$\omega$  – доля холостяков вошедших в группу секачей.

Рассмотрено наличие равновесных режимов динамики численности при отсутствии промысла. В стационарном состоянии значение переменных в системе не меняется с течением времени. Система (1) имеет два стационарных решения: тривиальное, в котором все численности равны 0; и нетривиальное равновесное решение (единственная ненулевая неподвижная точка системы).

На рис. 1. а), б) представлены стационарные численности  $x_1, x_2, x_3, x_4$  при варьировании параметра  $k$  от 0 до 5:

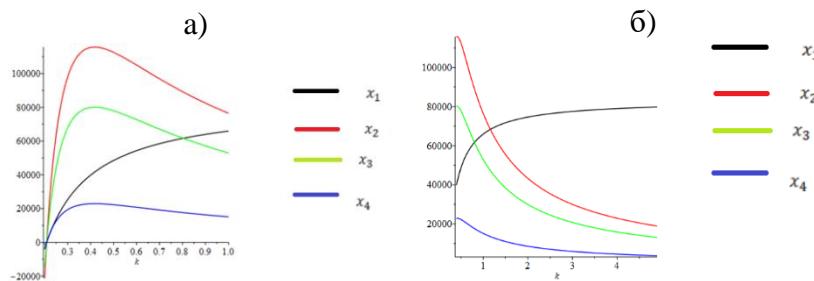


Рис. 1. Стационарные численности особей всех половозрастных групп при изменении  $k$ .

При фиксированных значениях параметров  $\alpha = 0,5; \nu_2 = 0,91; \nu_3 = 0,87; \nu_4 = 0,86; \rho = 0,011; \beta = 0,000006$  показано, что нетривиальное равновесие теряет устойчивость через бифуркацию Неймарка-Сакера в области биологически содержательных параметров модели; в результате возникают квазипериодические колебания численности половозрастных групп популяции.

В зависимости от того, каким образом происходит потеря устойчивости ненулевого решения, можно выделить следующие диапазоны значений параметра  $k$  и соответствующие им режимы. При малых значениях репродуктивного потенциала ( $k < 0,15$ ) популяция вымирает, т.к. тривиальное равновесие глобально устойчиво (нетривиального не существует). С ростом ( $k \approx 0,15$ ) происходит касательная бифуркация и в системе появляется устойчивое нетривиальное равновесие с положительными численностями всех половозрастных групп. Далее в некотором промежутке (небольших значений репродуктивного потенциала, примерно  $0,15 < k < 0,35$ ) стационарная численность популяции увеличивается, затем (при  $k > 0,35$ ) становится заметно плотностное лимитирование, и численность уменьшается, затем (при  $k = 2,8$ ) стационарное состояние теряет устойчивость в результате бифуркации Неймарка-Сакера, и появляются квазипериодические колебания численности.

#### Список литературы

- Жданова О.Л., Кузин А.Е., Фрисман Е.Я. Динамика выживаемости самцов северного морского котика (*Callorhinus ursinus*) острова Тюлений (Охотское море) по данным многолетних наблюдений // Экология. 2019, № 2 С. 149–160.

---

Афанасьева-Григорьева Анна Сергеевна  
**ПОВЕДЕНИЕ ОБОБЩЕННОГО ПРИВЕДЕННОГО МОДУЛЯ ПРИ ПОЛЯРИЗАЦИИ**

Департамент математики ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент департамента математики, Е.Г. Прилепкина

Всюду ниже  $\mathbb{R}^n$  означает  $n$  – мерное евклидово пространство точек  $x$  вида  $(x_1, \dots, x_n)$ ,  $n \geq 3, B \subset \mathbb{R}^n$  – область. Обобщенный конденсатор в  $\bar{B}$  есть  $C = (\{F_0, F_1, \dots, F_m\}, \{\delta_0, \delta_1, \dots, \delta_m\}, B)$ , где  $F_k$  – замкнутые непустые попарно не пересекающиеся множества  $F_k \subset \bar{B}$ ,  $k = 0,1, \dots, m$ , а  $\delta_k$  – вещественные числа,  $k = 0,1, \dots, m, m \geq 1$ . Множества  $F_k$  называют пластинами конденсатора  $C$ , а числа  $\delta_k$  – уровнями потенциала или потенциалами пластин  $F_k$ ,  $k = 1, \dots, m$ . Емкость  $cap C$  конденсатора  $C$  определяется как точная нижняя грань интегралов Дирихле  $I(v, B) := \int_B |\nabla v|^2 dX$  по всем функциям  $v$ , непрерывным в  $\bar{B}$ , удовлетворяющим условию Липшица локально в  $B$  и равным  $\delta_k$  на  $F_k$ ,  $k = 1, \dots, m$ , где  $dX = dx_1 \dots dx_n$ . Модуль конденсатора  $|C|$  есть величина, обратная емкости,  $|C| = (cap C)^{-1}$ .

При достаточно малом  $r > 0$  определим конденсатор

$$C(r) = C(r; B, \Gamma, X, \Delta, \Omega, \Psi) = (\{F_1(r), \dots, F_m(r)\}, \{0, \delta_1(r), \dots, \delta_m(r)\}, B),$$

где  $F_0 = \Gamma$ ,  $\Gamma \subset \partial B$ ,  $X = \{x_k\}_{k=1}^m$  – различные точки области  $B$ ,  $\Delta = \{\delta_k\}_{k=1}^m$  – отличные от нуля числа,  $\Omega = \{\alpha_k\}_{k=1}^m$  – произвольные числа,  $\Psi = \{\mu_k\}_{k=1}^m$  – положительные числа,  $\delta_k(r) = \delta_k + \alpha_k r^{n-2} + o(r^{n-2})$ ,  $r \rightarrow 0$ , и замкнутые множества  $F_k(r)$  содержат шары и содержатся в шарах вида

$$|x - x_k| \leq \mu_k r(1 + O(r^{n-1})), r \rightarrow 0.$$

Приведенным модулем множества  $B$  относительно совокупностей  $X, \Delta, \Omega, \Psi$  назовем предел

$$M(B, \Gamma, X, \Delta, \Omega, \Psi) = \lim_{r \rightarrow 0} (|C(r; B, \Gamma, X, \Delta, \Omega, \Psi)| - v \lambda_n r^{n-2}),$$

$$\text{где } v = (\sum \delta_l^\kappa \mu_l^{n-2})^{-1}, \lambda_n = \frac{1}{((n-2)\omega_{n-1})}.$$

Для конденсаторов, состоящих из двух пластин, хорошо известно преобразование поляризации [1]. При этом преобразовании емкость не увеличивается, и, следовательно, приведенный модуль не уменьшается. Для обобщенных конденсаторов, состоящих из трех и более пластин, аналог поляризации не известен. Таким образом, для обобщенных приведенных модулей относительно совокупности точек нет возможности построить поляризацию, используя связь модуля с емкостью конденсатора. В работе [2] рассматривается некоторый аналог поляризации обобщенных приведенных модулей плоских областей, опираясь на связь модуля и так называемой потенциальной функции. В настоящем докладе мы определяем поляризацию обобщенного приведенного модуля в евклидовом пространстве. А именно, пусть гиперплоскость  $L$  разбивает пространство  $\mathbb{R}^n$  на два открытых непересекающихся полупространства  $R^+, R^-$ , так, что  $\mathbb{R}^n = R^+ \cup R^- \cup L$ . Символом  $x^*$  обозначим точку, симметричную  $x$  относительно гиперплоскости  $L$ . Поляризация множества  $Q \subset \mathbb{R}^n$  определяется как переход к множеству  $PQ = (Q \cup Q^*)^+ \cup (Q \cap Q^*)^- \cup (L \cap Q)$ . Здесь  $Q^*$  означает множество, симметричное  $Q$  относительно  $L$ . Для совокупностей  $X = \{x_k\}_{k=1}^m, \Delta = \{\delta_k\}_{k=1}^m, \Omega = \{\alpha_k\}_{k=1}^m, \Psi = \{\mu_k\}_{k=1}^m$  определим поляризацию относительно гиперплоскости  $L$  как переход к множествам  $PX = \{Px_k\}_{k=1}^m, P\Delta = \{P\delta_k\}_{k=1}^m, P\Omega = \{P\alpha_k\}_{k=1}^m, P\Psi = \{P\mu_k\}_{k=1}^m$  по следующим правилам. Пусть  $B = B^+ \cup B^- \cup (L \cap B)$ . В случае  $x_k \in L$  четверка  $(x_k, \delta_k, \alpha_k, \mu_k)$  остается неизменной, то есть  $(Px_k, P\delta_k, P\alpha_k, P\mu_k) = (x_k, \delta_k, \alpha_k, \mu_k)$ . Если  $x_k \in B^+$ ,  $x_k^* \notin X$ , то четверка  $(x_k, \delta_k, \alpha_k, \mu_k)$  остается неизменной в случае положительного заряда  $\delta_k > 0$ , а в случае отрицательного заряда  $\delta_k < 0$  осуществляется переход к симметричной точке,  $(Px_k, P\delta_k, P\alpha_k, P\mu_k) = (x_k^*, \delta_k, \alpha_k, \mu_k)$ . Если  $x_k \in B^-, x_k^* \notin X$ , тогда четверка  $(x_k, \delta_k, \alpha_k, \mu_k)$  остается на месте в случае отрицательного заряда  $\delta_k < 0$ , и осуществляется переход к симметричной точке в случае положительного заряда  $\delta_k > 0$ . Если  $x_k^* = x_l \in L, x_k \notin L$ , то поляризацию пары четверок  $(x_k, \delta_k, \alpha_k, \mu_k), (x_l, \delta_l, \alpha_l, \mu_l)$  будем определять совместно. Обозначим через  $Px_k$  точку из пары  $x_k, x_l$ , принадлежащую  $B^+$ , и через  $Px_l$  – точку из  $B^-$ . Далее, обозначим через  $(P\delta_k, P\alpha_k, P\mu_k)$  ту из троек  $(\delta_k, \alpha_k, \mu_k)$  и  $(\delta_l, \alpha_l, \mu_l)$ , для которой  $\mu_k^{n-2} \delta_k > \mu_l^{n-2} \delta_l$ , либо  $\mu_k^{n-2} \delta_k = \mu_l^{n-2} \delta_l$ , и  $\mu_k^{n-2} \delta_k \leq \mu_l^{n-2} \delta_l$ , а вторую оставшуюся тройку обозначим  $(P\delta_l, P\alpha_l, P\mu_l)$ . Основной полученный нами результат заключается в доказательстве того факта, что для симметричных множеств  $B$  и  $\Gamma$  относительно  $L$  выполняется принцип поляризации

$$M(B, \Gamma, X, \Delta, \Omega, \Psi) \leq M(PB, PG, PX, P\Delta, P\Omega, P\Psi),$$

*Работа выполнена в Дальневосточном центре математических исследований при финансовой поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-02-2024-1440 от 28 февраля 2024 года по реализации программ развития региональных научно-образовательных математических центров.*

### Список литературы

1. Дубинин, В. Н. Емкости конденсаторов и симметризация в геометрической теории функций комплексного переменного. – Владивосток: Дальнаука, 2009. - 401 с.

2. Дубинин, В. Н. О сохранении обобщенного приведенного модуля при геометрических преобразованиях плоских областей / В.Н. Дубинин, Е. Г. Прилепкина // Дальневост. матем. журн. – 2005. – Том 6. – № 1. – С. 39–56.

Бахтин К.Е.

## ОБОБЩЕНИЯ ФОРМУЛ СУММИРОВАНИЯ КАРЛСОНА - МИНТОНА ДЛЯ ГИПЕРГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ТИПА IPD

Департамент математики ИМКТ ДВФУ

РНОМЦ "Дальневосточный центр математических исследований" ДВФУ

Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент департамента математики Е.Г. Прилепкина

Хорошо известна формула суммирования Минтона (см., например, [1, (1.2)]).

$${}_pF_{p-1} \left( \begin{matrix} -k, b, \mathbf{f} + \mathbf{m} \\ b+1, \mathbf{f} \end{matrix} \right) = \frac{k!}{(b+1)_k} \frac{(\mathbf{f}-b)_{\mathbf{m}}}{(\mathbf{f})_{\mathbf{m}}}, \quad (1)$$

справедливая при  $k \geq m, k \in \mathbb{N}$  и где  $\mathbf{f} \in \mathbb{C}^{p-2}, \mathbf{m} \in \mathbb{N}^{p-2}$ . Вскоре после этого его результат был обобщен Карлссоном, который заменил  $-k$  произвольным комплексным числом  $a$  с условием  $\operatorname{Re}(1-a-m) > 0$  получив (см., например [1, (1.3)])

$${}_pF_{p-1} \left( \begin{matrix} -k, b, \mathbf{f} + \mathbf{m} \\ b+1, \mathbf{f} \end{matrix} \right) = \frac{\Gamma(b+1)\Gamma(1-a)}{\Gamma(b+1-a)} \frac{(\mathbf{f}-b)_{\mathbf{m}}}{(\mathbf{f})_{\mathbf{m}}}. \quad (2)$$

В статье [1] было получено обобщение (2), заменяя число  $b$  на вектор  $\mathbf{b} = (b_1, b_2, \dots, b_l)$ . А именно, была доказана формула [1, (2.11)]

$$\frac{1}{\Gamma(1-a)} F \left( \begin{matrix} a, \mathbf{b}, \mathbf{f} + \mathbf{m} \\ \mathbf{b} + \mathbf{p}, \mathbf{f} \end{matrix} \right) = \frac{(\mathbf{b})_{\mathbf{p}}}{(\mathbf{f})_{\mathbf{m}}} \sum_{q=1}^n \frac{\Gamma(\beta_q)(\mathbf{f}-\beta_q)_{\mathbf{m}}}{B_q \Gamma(1+\beta_q-a)}, \quad (3)$$

где  $\mathbf{b} = (b_1, b_2, \dots, b_l)$ ,  $\mathbf{p} = (p_1, p_2, \dots, p_l)$  представляет собой вектор целых положительных чисел,  $n = p_1 + p_2 + \dots + p_l$ , и все координаты вектора

$$\beta = (b_1, b_1+1, \dots, b_1+p_1-1, \dots, b_l, b_l+1, \dots, b_l+p_l-1) = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p),$$

$B_q = \prod_{v=1, v \neq q}^n (\beta_v - \beta_q)$ . Добавляя в гипергеометрическую функцию дополнительные параметры по принципу

$$F \left( \begin{matrix} a, b, \mathbf{f} + \mathbf{m} \\ b+3, \mathbf{f} \end{matrix} \right) = F \left( \begin{matrix} a, b, b+1, b+2, \mathbf{f} + \mathbf{m} \\ b+1, b+2, b+3, \mathbf{f} \end{matrix} \right), \quad (4)$$

достаточно рассматривать случай  $\mathbf{p} = \mathbf{1} = (1, 1, \dots, 1)$ . Тогда (3) принимает вид

$${}_{l+p-1}F_{l+p-2} \left( \begin{matrix} a, \mathbf{b}, \mathbf{f} + \mathbf{m} \\ \mathbf{b} + \mathbf{1}, \mathbf{f} \end{matrix} \right) = \frac{\Gamma(1-a)(\mathbf{b})_1}{(\mathbf{f})_{\mathbf{m}}} \sum_{q=1}^l \frac{\Gamma(b_q)(\mathbf{f}-b_q)_{\mathbf{m}}}{\alpha_q \Gamma(1+b_q-a)}, \quad (5)$$

где  $\mathbf{b} = (b_1, b_2, \dots, b_l)$ ,  $\alpha_q = \prod_{v=1, v \neq q}^l (b_v - b_q)$ . В данном докладе речь пойдет об обобщении (5) на случай одинаковых координат вектора  $\mathbf{b}$ .

**Теорема 1.** Пусть

$\mathbf{b} = (b_1, b_2, \dots, b_l)$ ,  $n = n_1 + n_2 + \dots + n_l$ ,  $\operatorname{Re}(n-1-m) > 0$ ,  $(-1+a, -\mathbf{b}, -\mathbf{b}+a-1, -\mathbf{f}) \notin \mathbb{N}_0^{2l+p-1}$ .

Тогда:

$${}_{p+n+l-2}F_{p+n+l-1} \left( \begin{matrix} a, & b_1, \dots, b_1, & b_2, \dots, b_2, & b_l, \dots, b_l, & \mathbf{f} + \mathbf{m} \\ & \underbrace{b_1+1, \dots, b_1+1}_{n_1-times}, & \underbrace{b_2+1, \dots, b_2+1}_{n_2-times}, & \underbrace{b_l+1, \dots, b_l+1}_{n_l-times}, & \mathbf{f} \end{matrix} \right) =$$

$$\frac{\Gamma(1-a)}{(\mathbf{f})_{\mathbf{m}}} \sum_{i=1}^l \sum_{k_i=1}^{n_i} \frac{(-1)^{k_i+1} \alpha_{k_i}^i}{(k_i-1)!} \left( \frac{\Gamma(x)(\mathbf{f}-x)_{\mathbf{m}}}{\Gamma(x-a+1)} \right)_{x=b_i}^{k_i-1}, \quad (6)$$

где  $\alpha_{k_i}^i$  коэффициенты разложения  $\prod_{i=1}^l \frac{b_i^{n_i}}{(b_i+x)^{n_i}}$  на простые дроби,

$$\prod_{i=1}^l \frac{b_i^{n_i}}{(b_i+x)^{n_i}} = \sum_{i=1}^l \sum_{k_i=1}^{n_i} \frac{\alpha_{k_i}^i}{(b_i+x)^{k_i}}. \quad (7)$$

*Работа выполнена в Дальневосточном центре математических исследований при финансовой поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-02-2024-1440 от 28 февраля 2024 года по реализации программ развития региональных научно-образовательных математических центров.*

#### Список литературы

1. D.B.Karp and E.G.Prilepkina, Extensions of Karlsson–Minton summation theorem and some consequences of the first Miller–Paris transformation, *Integral Transforms and Special Functions*, Vol. 29, Issue 12 (2018), 955–970.
2. G.E.Andrews, R.Askey and R.Roy, *Special functions*, Cambridge University Press, 1999.
3. A.R. Miller, R.B. Paris, Transformation formulas for the generalized hypergeometric function with integral parameter differences. *Rocky Mt. J. Math.* 43(1), 291–327 (2013).

Обидова Ш.К.

### АКСИОМАТИЗИРУЕМОСТЬ КЛАССА КОНГРУЭНЦ-ПЕРЕСТАНОВОЧНЫХ УНАРОВ

Департамент математики ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент департамента математики Е.Л. Ефремов

Одним из стандартных вопросов теории моделей алгебраических структур является вопрос аксиоматизируемости класса этих структур. В работе приводится критерий аксиоматизируемости класса конгруэнц-перестановочных унаров.

Напомним некоторые основные определения. Унаром называется структура  $A = \langle A; f^{(1)} \rangle$ , язык которой состоит из одной одноместной операции  $f$ .

Конгруэнцией унара  $A$  называется отношение эквивалентности  $\theta$  на  $A$ , удовлетворяющее условию:

$$\langle x, y \rangle \in \theta \Rightarrow \langle fx, fy \rangle \in \theta.$$

Произведением конгруэнций  $\theta_1$  и  $\theta_2$  на  $A$  называется отношение  $\theta_1\theta_2$ , которое определяется следующим образом:

$$\langle a, b \rangle \in \theta_1\theta_2 \Leftrightarrow \exists c \in A : \langle a, c \rangle \in \theta_1 \text{ и } \langle c, b \rangle \in \theta_2.$$

Унар  $A$  называется конгруэнц-перестановочным, если для любых конгруэнций  $\theta_1, \theta_2$  унара  $A$  верно  $\theta_1\theta_2 = \theta_2\theta_1$ .

Класс унаров  $K$  называется замкнутым относительно изоморфизмов, если для любых унаров  $A$  и  $B$

$$A \in K, A \simeq B \Rightarrow B \in K.$$

Класс унаров  $K$  называется аксиоматизируемым, если существует такое множество предложений  $Z$  языка  $\{f^{(1)}\}$ , что для любого унара  $A$

$A \in K \Leftrightarrow A \models \Phi$  для всех  $\Phi \in Z$ .

**Теорема.** Пусть  $K$  – класс конгруэнц-перестановочных унаров. Класс  $K$  аксиоматизируем тогда и только тогда, когда  $K$  замкнут относительно изоморфизмов и существует  $n \in \mathbb{N}$  такое, что

$$A \in K \Rightarrow |A| \leq n.$$

#### Список литературы

1. Егорова, Д.П. Структура конгруэнций унарной алгебры / Д.П. Егорова // Упорядоченные множества и решетки: межвуз. Науч.сб. – Саратов: Изд-во Сарат. Ун-та, 1978. – Вып. 5. – С. 11–44.
2. Ершов, Ю.Л. Математическая логика: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., испр. и доп. / Ю.Л. Ершов, Е.А. Палютин – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 336 с.
3. Кейслер, Г. Теория моделей / Г. Кейслер, Ч.Ч. Чэн. – М.: Мир, 1977. – 614 с.
4. Мальцев А. И., Алгебраические системы, Наука, М., 1970.
5. Пинус А.Г., Основы универсальной алгебры: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. – 137 с.
6. Степанова А.А., Чеканов С.Г., Конгруэнц-перестановочные полигоны, Сиб. матем. журн., 63:1 (2022), 202–208.

---

Сахаров И.А.

## О СТЕПЕНИХ СЕМАНТИЧЕСКОЙ И СИНТАКСИЧЕСКОЙ ЖЕСТКОСТИ СВЯЗНЫХ УНАРОВ БЕЗ ЛИСТЬЕВ

Департамент математики ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор А.А. Степанова

В работе изучаются вопросы, связанные с семантической и синтаксической жёсткостью таких структур, как унары. Синтаксическая жесткость показывает, насколько элементы структуры могут быть связаны между собой автоморфизмами. Семантическая жесткость показывает, как добавление в сигнатуру структуры констант влияет на синтаксическую жесткость этой структуры. Следующие понятия из теории моделей можно найти в [1], из теории унаров – в [2, 3].

Пусть  $A$  – множество в структуре  $\mathcal{M}$ . Структура  $\mathcal{M}$  называется *семантически A-жесткой*, если любой  $A$ -автоморфизм  $f \in Aut(\mathcal{M})$  является тождественным. Структура  $\mathcal{M}$  называется *синтаксически A-жесткой*, если  $\mathcal{M} = dcl(A)$ . Структура  $\mathcal{M}$  называется  $\exists$ -семантически ( $\exists$ -синтаксически)  $n$ -жесткой,  $n \in \omega$ , если  $\mathcal{M}$  является семантически (синтаксически)  $A$ -жесткой структурой для некоторого своего подмножества  $A$  мощности  $n$ . Наименьшее  $n$  такое, что  $\mathcal{M}$  является  $\exists$ -семантически ( $\exists$ -синтаксически)  $n$ -жесткой структурой, называется  $\exists$ -семантической ( $\exists$ -синтаксической) степенью жесткости структуры  $\mathcal{M}$  и обозначается  $deg_{rig}^{\exists\text{-sem}}(\mathcal{M})$  ( $deg_{rig}^{\exists\text{-synt}}(\mathcal{M})$ ). Если такого  $n$  не существует, то полагаем  $deg_{rig}^{\exists\text{-sem}}(\mathcal{M}) = \infty$  ( $deg_{rig}^{\exists\text{-synt}}(\mathcal{M}) = \infty$ ).

Структура  $\mathcal{A} = (A; f)$ , где  $f$  – унарная операция на  $A$ , называется *унаром*. Пусть  $\mathcal{A}$  – унар. Унар  $\mathcal{A}$  называется *связным*, если для любых  $a, b \in A$  существуют  $n, m \in \omega$  такие, что  $f^n a = f^m b$ . Унар  $\mathcal{C} = (C; f)$  называется *цепью*, если  $C = \{c_i \mid i \in \mathbb{Z}\}$  и  $fc_i = c_{i+1}$ . Унар  $\mathcal{C} = (C; f)$  называется *циклом* (длины  $n$ ), если  $C = \{c_i \mid 0 \leq i \leq n - 1\}$ ,  $fc_{n-1} = c_0$  и  $fc_i = c_{i+1}$  для любого  $i$ ,  $1 \leq i < n - 1$ . Цикл длины 1 называется *петлей*. Элемент  $a' \in A$  называется  $n$ -м прообразом элемента  $a \in A$ , если  $f^n a' = a$ . Первый прообраз  $a$  называется *прообразом*  $a$ . Через  $f^{-n}(a)$  обозначим множество всех  $n$ -х прообразов  $a$ . Через  $\langle a \rangle_-$  обозначим  $\bigcup_{n \in \omega} f^{-n}(a)$ . Элемент  $a \in A$  называется *листом*, если у него нет

прообразов. Любой унар без листьев содержит цепь или цикл. Элемент  $a$  называется *циклическим*, если существует  $t \geq 1$  такое, что  $f^t a = a$ , иначе – *ациклическим*. Элемент  $a \in A$  называется *разветвлением*, если он имеет два различных ациклических прообраза. Обозначим множество всех разветвлений  $\mathcal{A}$  через  $B(\mathcal{A})$ . *Расстоянием* между элементами  $a, b \in A$  называется число  $d = \min\{n + m \mid n, m \in \omega, f^n a = f^m b\}$ . Обозначается  $d(a, b)$ . Если  $a \in A$  – ациклический элемент, то *ветвью* элемента  $a$  называется  $\langle a \rangle_-$ . Если  $a \in A$  – циклический элемент, то *ветвью* элемента  $a$  называется множество  $\{a' \in \langle a \rangle_- \mid d(a', a) \leq d(a', c), \forall c \in C\}$ , где  $C$  – множество всех циклических элементов  $A$ . Ветвь элемента  $a$  обозначим через  $b(a)$ . *Хвостом* элемента  $a \in A$  называется  $\{a\} \cup b(a')$ , где  $a' \in A$  – ациклический прообраз  $a$  и  $b(a')$  не содержит разветвлений. Количество всех хвостов элемента  $a$  обозначим через  $N_t(a)$ .

**Теорема 1.** Пусть  $\mathcal{A}$  – связный унар без листьев,  $C \subseteq \mathcal{A}$  – цикл или цепь,

$C = \{c_i \mid i \in I\}, I \in \omega \cup \{\omega\}$ . Тогда если

$C$  не является петлей,

существует положительное  $n, n < |I|$  при  $|I| < \omega$ , такое, что для любых  $i, j \in I$

$(C \cup b(c_i); f) \cong (C \cup b(c_j); f)$ , если  $i \equiv j \pmod{n}$ ,

то

$$\deg_{rig}^{\exists-sem}(\mathcal{A}) = \deg_{rig}^{\exists-synt}(\mathcal{A}) = \max\{1, \sum_{b \in B(\mathcal{A})} (N_t(b) - 1)\}.$$

Если одно из условий не выполняется, то

$$\deg_{rig}^{\exists-sem}(\mathcal{A}) = \deg_{rig}^{\exists-synt}(\mathcal{A}) = \sum_{b \in B(\mathcal{A})} (N_t(b) - 1).$$

*Работа выполнена в Дальневосточном центре математических исследований при финансовой поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-02-2024-1440 от 28 февраля 2024 года по реализации программ развития региональных научно-образовательных математических центров.*

#### Список литературы

1. Sudoplatov S. V. Variations of Rigidity // Известия Иркутского государственного университета. Серия Математика. 2024. Т. 47. С. 119–136. <https://doi.org/10.26516/1997-7670.2024.47.119>
2. Скорняков Л. А. Элементы общей алгебры / Скорняков Л. А. – Москва: Наука, 1983. – 272 с.
3. Jungabel E. Quasi-projective monounary algebras // Eotvos Lorand University. – 2020. – 20p. – (Prepr./ Eotvos Lorand University).

---

Симаков В.К.

#### КОГОМОЛОГИИ ЧЕХА ОДНОЭЛЕМЕНТНОГО СЕМЕЙСТВА

Департамент математики ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор департамента математики Е.Е. Скурихин

Рассматривается произвольный абелевый предпучок  $A: K^{op} \rightarrow Ab$  из категории  $K$ , в которой существуют произведения и копроизведения. Пусть  $\alpha = \{f_i \mid i \in I\}$  – семейство морфизмов  $f_i: k_i \rightarrow k, i \in I$ , категории  $K$  в фиксированный объект  $k$ . Коцепи  $C^n(\alpha, A)$  размерности  $n \in \mathbb{Z}$  семейства  $\alpha$  с коэффициентами в абелевом предпучке  $A$  определяются следующим образом:

$$C^n(\alpha, A) = \prod_{s: [n] \rightarrow I} A(\alpha_s),$$

где  $\alpha_s$  – расслоенное произведение объектов  $k_{s(0)}, k_{s(1)}, \dots, k_{s(n)}$  над  $k$ , соответствующее конечной последовательности индексов  $s: [n] \rightarrow I$ ,  $[n] = \{0, 1, \dots, n\}$ . Оператор  $d_\alpha^n: C^n(\alpha, A) \rightarrow C^{n+1}(\alpha, A)$  взятия  $n$ -мерной кограницы определяется следующим образом:

$$(d_\alpha^n(c))_{t: [n+1] \rightarrow I} = \sum_{l=0}^{n+1} (-1)^l (A(p_{t(l)}^{\alpha_t})) (c_{\widehat{t(l)}}),$$

где  $c \in C^n(\alpha, A)$ ,  $p_{t(l)}^{\alpha_t}: \alpha_t \rightarrow \alpha_{\widehat{t(l)}}$  – канонический морфизм из  $\alpha_t$  в  $\alpha_{\widehat{t(l)}}$ ,  $t(\widehat{l}) = t|_{[n+1] \setminus \{l\}}$ ,  $c_{\widehat{t(l)}} = \pi_{\alpha_{\widehat{t(l)}}}^n(c)$ ,  $\pi_{\alpha_{\widehat{t(l)}}}^n: C^n(\alpha, A) \rightarrow A(\alpha_{\widehat{t(l)}})$  – канонический морфизм. Пара  $(C^*(\alpha, A), d_\alpha^*) = \{(C^n(\alpha, A), d_\alpha^n) \mid n \in \mathbb{Z}\}$ , где  $d_\alpha^n \circ d_\alpha^{n+1} = 0$  для любого  $n \in \mathbb{Z}$ , называется коцепным комплексом. Когомологии этого коцепного комплекса обозначаются  $H^n(\alpha, A)$ .

Семейству  $\alpha$  канонически сопоставляется семейство  $\beta = \{f\}$  из единственного морфизма  $f: \coprod_{i \in I} k_i \rightarrow k$  в объект  $k$ , где  $\coprod_{i \in I} k_i$  – копроизведение объектов  $k_i, i \in I$ . В силу свойств копроизведений существует канонический морфизм  $w_s: \alpha_s \rightarrow \beta_n$  из расслоенного произведения  $\alpha_s$ ,  $s: [n] \rightarrow I$ , в  $(n+1)$ -кратное расслоенное произведение  $\beta_n$  объектов  $\coprod_{i \in I} k_i$  над  $k$ . Данный морфизм задает гомоморфизм  $h_A^n: C^n(\beta, A) \rightarrow C^n(\alpha, A)$  коцепей и гомоморфизм коцепных комплексов  $h_A^* = \{h_A^n: C^n(\beta, A) \rightarrow C^n(\alpha, A) \mid n \in \mathbb{Z}\}$ .

В докладе показывается, что если категория  $K$  является дистрибутивной, а предпучок обладает свойством  $A(\coprod_{i \in I} k_i) = \prod_{i \in I} A(k_i)$ , то гомоморфизм коцепных комплексов  $h_n^*$  является изоморфизмом, который в свою очередь задает изоморфизм когомологий  $H^n(\alpha, A) \cong H^n(\beta, A)$  семейства  $\alpha$  и одноэлементного семейства  $\beta$  с коэффициентами в абелевом предпучке  $A$ .

*Работа выполнена в Дальневосточном центре математических исследований при финансовой поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-02-2024-1440 от 28 февраля 2024 года по реализации программ развития региональных научно-образовательных математических центров.*

#### Список литературы

1. Скурихин Е. Е. Пучковые когомологии и размерность упорядоченных множеств // Дискретная геометрия и геометрия чисел, Сборник статей. К 70-летию со дня рождения профессора Сергея Сергеевича Рышкова, Труды МИАН, 239, Наука, МАИК «Наука/Интерпериодика», М., 2002, С. 289–317

## Раздел IX МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Дранов С.В., Афанасьева С.Д.

### НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКА КРОВИ В АРТЕРИИ С СУЖАЮЩИМСЯ КАНАЛОМ УРАВНЕНИЯМИ НАВЬЕ-СТОКСА

<sup>1</sup>Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель – К.С. Кузнецов

Исследование потока крови в сужающейся артерии является актуальной задачей в силу ее большого практического значения. Зачастую для моделирования потока крови используют систему уравнений Навье-Стокса [1]. Немаловажным остается и поиск оптимальным способа решения этой задачи. В последние годы популярным способом для решения дифференциальных уравнений стал метод под названием Physics Informed Neural Networks (PINN) [2]. Метод основан на аппроксимации неизвестных функций нейронными сетями путем минимизации квадратичного функционала, включающегося в себя слагаемые для невязки уравнений, начальных и граничных условий.

Система уравнений, описывающая нестационарное движение вязкой ньютоновской жидкости, в цилиндрической системе координат с симметрией по углу поворота в безразмерных переменных имеет следующий вид:

$$\frac{\partial u_r}{\partial t} + Sh_r u_r \frac{\partial u_r}{\partial r} + Sh_z u_z \frac{\partial u_r}{\partial z} + Sh_r Eu_r \frac{\partial p}{\partial r} - \frac{Sh_r}{Re_r} \left[ -\frac{u_r}{r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + d^2 \frac{\partial^2 u_r}{\partial z^2} \right] = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_z}{\partial t} + Sh_r u_r \frac{\partial u_z}{\partial r} + Sh_z u_z \frac{\partial u_z}{\partial z} + Sh_z Eu_z \frac{\partial p}{\partial z} - \frac{Sh_z}{Re_z} \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial u_z}{\partial r} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial r^2} + d^2 \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} \right] = 0, \quad (2)$$

$$\frac{1}{r} u_r + \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{Sh_z}{Sh_r} \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0, \\ z \in [0,1], \quad r \in [0,1], \quad t \in [0,1] \quad (3)$$

где  $u_r$  – радиальная скорость потока,  $u_z$  – скорость потока вдоль оси артерии,  $p$  – давление, а безразмерные коэффициенты  $Sh_r, Sh_z, Eu_r, Eu_z, Re_r, Re_z, d$  имеют следующий вид:

$$Sh_r = \frac{TU_r}{R}, \quad Sh_z = \frac{TU_z}{Z}, \quad \frac{Sh_z}{Sh_r} = \frac{U_z R}{U_r Z}, \quad d = \frac{R}{Z}, \quad \nu = \frac{\mu}{\rho}, \\ Eu_r = \frac{P}{U_r^2 \rho}, \quad Eu_z = \frac{P}{U_z^2 \rho}, \quad Re_r = \frac{RU_r}{\nu}, \quad Re_z = \frac{RU_z}{\nu}.$$

Здесь  $R$  – радиус артерии,  $Z$  – длина артерии,  $T$  – общее время процесса,  $U_r, U_z, P$  – относительные значения компонент скорости  $u_r, u_z$  и давления  $p$  соответственно,  $Sh_r, Sh_z$  – числа Струхала для компонент скорости  $u_r, u_z$  соответственно,  $Eu_r, Eu_z$  – числа Эйлера для компонент скорости  $u_r, u_z$  соответственно,  $\nu$  – кинематическая вязкость,  $Re_r, Re_z$  – числа Рейнольдса для компонент скорости  $u_r, u_z$  соответственно  $d$  – соотношение радиуса и длины канала.

Системе уравнений (1)-(3) соответствуют следующие граничные и начальные условия:

$$u_r|_{t=0} = 0, \quad u_z|_{t=0} = 0.7 - 0.7r, \quad (4)$$

$$u_r|_{r=R} = 0, \quad u_z|_{r=R} = 0, \quad \frac{\partial p}{\partial n}|_{r=R} = 0, \quad (5)$$

$$u_r|_{r=0} = 0, \quad \frac{\partial u_z}{\partial n}|_{r=0} = 0 \quad (6)$$

$$u_r|_{z=0} = 0, \quad u_z|_{z=0} = 0.7 - 0.7r, \quad p|_{r=0} = 1, \quad (7)$$

$$\frac{\partial u_r}{\partial n}|_{z=z} = 0, \quad \frac{\partial u_z}{\partial n}|_{z=z} = 0, \quad (8)$$

Для решения задачи (1)-(8) был использован метод PINN. Для его использования был составлен функционал  $J$ , включающий квадратичные слагаемые невязки уравнений:

$$J = J_r + J_0 + J_{b_1} + J_{b_2} + J_{b_3} + J_{b_4},$$

$$J_r = \frac{1}{N_r} \sum_{i=1}^{N_r} \sum_{k=1}^3 r_k^2(z_i^r, r_i^r, t_i^r),$$

$$J_0 = \frac{W_0}{N_0} \sum_{i=1}^{N_0} [\hat{u}_r(z_i^0, r_i^0, t_i^0)]^2 + [u_z|_{t=0}(z_i^0, r_i^0, t_i^0) - \hat{u}_z(z_i^0, r_i^0, t_i^0)]^2,$$

$$J_{b_1} = \frac{W_b}{N_{b_1}} \sum_{i=1}^{N_{b_1}} [\hat{u}_r(z_i^{b_1}, r_i^{b_1}, t_i^{b_1})]^2 + [\hat{u}_z(z_i^{b_1}, r_i^{b_1}, t_i^{b_1})]^2 + \left[ \frac{\partial \hat{p}(z_i^{b_1}, r_i^{b_1}, t_i^{b_1})}{\partial n} \right]^2,$$

$$J_{b_2} = \frac{W_b}{N_{b_2}} \sum_{i=1}^{N_{b_2}} [\hat{u}_r(z_i^{b_2}, r_i^{b_2}, t_i^{b_2})]^2 + \left[ \frac{\partial \hat{u}_z(z_i^{b_2}, r_i^{b_2}, t_i^{b_2})}{\partial n} \right]^2,$$

$$J_{b_3} = \frac{W_b}{N_{b_3}} \sum_{i=1}^{N_{b_3}} [\hat{u}_r(z_i^{b_3}, r_i^{b_3}, t_i^{b_3})]^2 + [u_z|_{z=0}(z_i^{b_3}, r_i^{b_3}, t_i^{b_3}) - \hat{u}_z(z_i^{b_3}, r_i^{b_3}, t_i^{b_3})]^2 \\ + [\hat{p}(z_i^{b_3}, r_i^{b_3}, t_i^{b_3}) - 1]^2,$$

$$J_{b_4} = \frac{W_b}{N_{b_4}} \sum_{i=1}^{N_{b_4}} \left[ \frac{\partial \hat{u}_r(z_i^{b_4}, r_i^{b_4}, t_i^{b_4})}{\partial n} \right]^2 + \left[ \frac{\partial \hat{u}_z(z_i^{b_4}, r_i^{b_4}, t_i^{b_4})}{\partial n} \right]^2,$$

где  $r_1, r_2, r_3$  – невязки уравнений (1)-(3) соответственно,  $\hat{u}_r, \hat{u}_z, \hat{p}$  – аппроксимация неизвестных функций нейронными сетями.

Решение задачи минимизации функционала  $J$  было выполнено при помощи библиотеки TensorFlow на программном языке Python. Для решения задачи была сгенерирована обучающая выборка внутри и на границах расчетной области, представленная на рисунке 1.

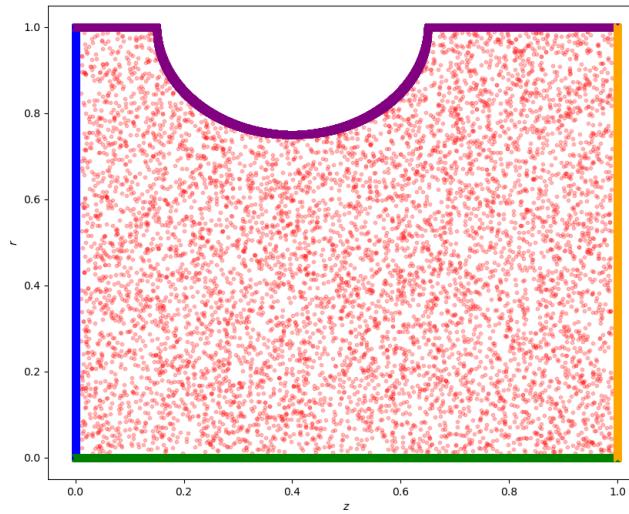


Рисунок 1 – Изображение обучающей выборки в расчетной области.

#### Список литературы

1. Raissi, M. Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations / Raissi M., Perdikaris P., Karniadakis G.E. // Journal of Computational Physics. – 2019. – V. 50. No. 3. P. 686–707.
2. Pokhrel, P. Analysis of Blood flow Through Artery with Mild Stenosis / Pokhrel, P., Kafle, J., Kattel, P., Gaire, H. // Journal of Institute of Science and Technology. – 2020. – V. 25. P. 33-38.

Коневец А. В.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ LDPC КОДОВ ИЗ СТАНДАРТА 5G NEW RADIO

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель – доцент кафедры информационной безопасности киберфизических систем МИЭМ им. А. Н. Тихонова, д. ф.-м. н. Иванов Ф. И.

Работа посвящена оценке надежности кодирования данных с помощью LDPC кодов в стандарте 5G New Radio (NR) и сравнению их эффективности с другими кодами. В стандарте 5G NR для поддержания надежности передачи данных используются два разных канальных кода: полярные коды – для кодирования контрольной информации, и LDPC коды – для кодирования в канале передачи данных.

LDPC (Low Density Parity Check) коды – класс линейных кодов, проверочные матрицы которых имеют малое количество ненулевых элементов [1].

В рамках работы сравнительный анализ проводился с турбо и полярными кодами, так как при разработке 5G NR они, наряду с LDPC кодами, являлись основными кандидатами для кодирования в канале передачи данных. Причины выбора LDPC кодов следующие:

- Высокая эффективность при больших длинах кодовых блоков.
- Гибкая конструкция.
- Быстрое кодирование и декодирование.

Передача данных в стандарте 5G NR включает три основные операции: кодирование, передача по каналу связи с аддитивным белым гауссовским шумом (АБГШ) и декодирование (Рисунок 1).

Построение проверочной матрицы кода – основная и самая важная часть кодирования. В стандарте описаны две базовые матрицы, предназначенные для разных длин блоков и скоростей. Структуры этих матриц похожи (Рисунок 2). Выбранная базовая матрица расширяется до необходимого размера, при этом нулевые элементы заменяются на нулевые матрицы размерности  $Z \times Z$ , а ненулевые – на матрицы-циркулянты размерности  $Z \times Z$ .

Цель работы заключалась в моделировании кодирования и декодирования в канале передачи данных стандарта 5G NR. После подготовки и кодирования данные модулируются и отправляются через канал связи с АБГШ, после чего демодулируются и начинается процесс декодирования.

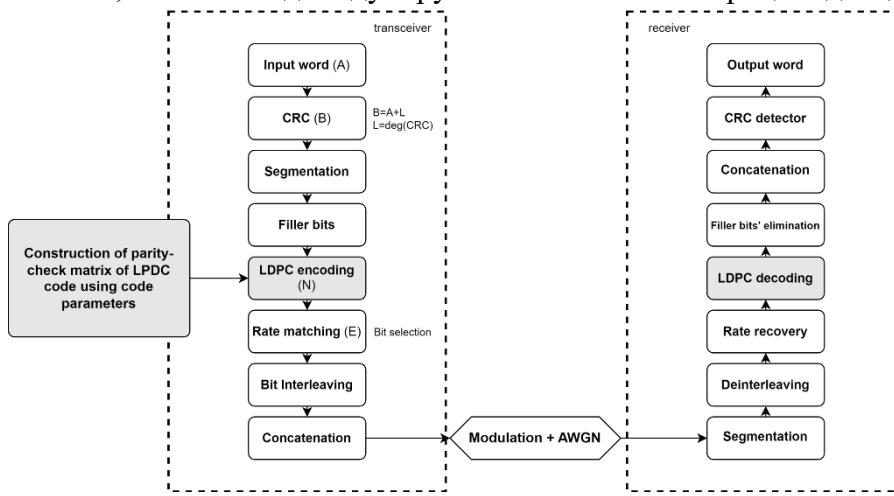


Рисунок 8 – Канал передачи данных

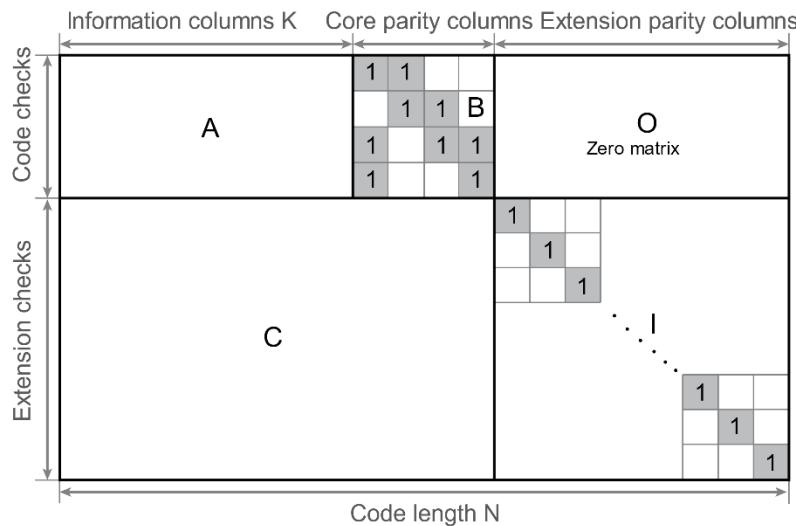


Рисунок 9 – Структура базовой матрицы

Декодирование LDPC кодов можно производить классическим алгоритмом мажоритарного декодирования, однако в рамках работы использовался более эффективный min-sum алгоритм. Этот итеративный алгоритм является упрощенной и модифицированной версией декодера распространения доверия, работа которого основана на полученном кодовом слове и на связях между проверочными и информационными символами.

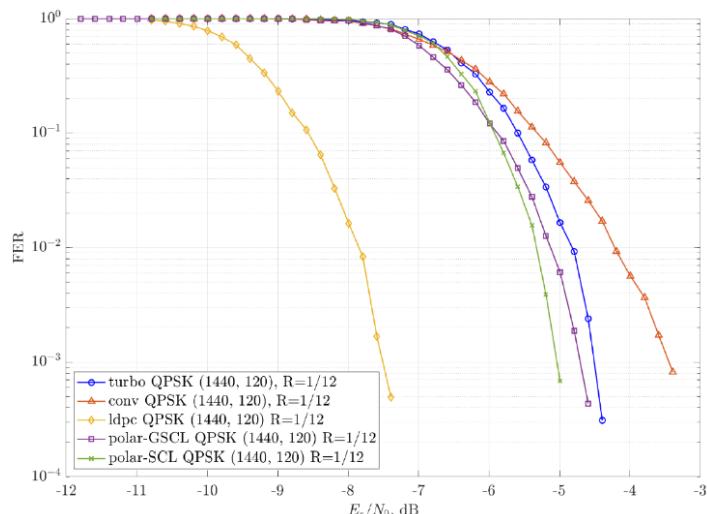


Рисунок 10 –  $R = 1/12, n = 1440$

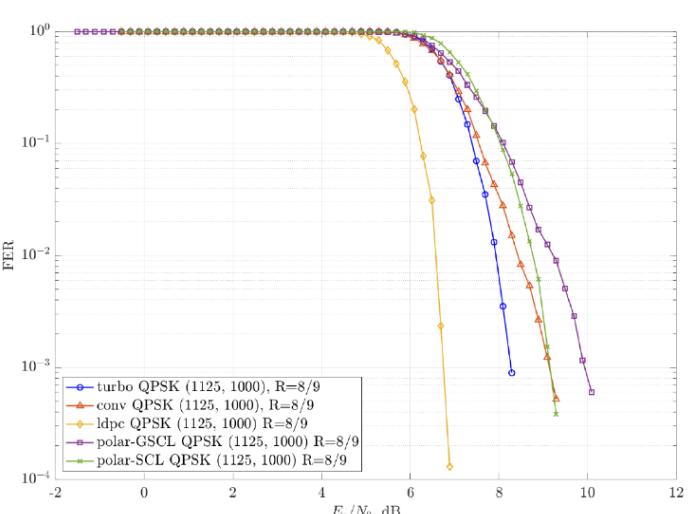


Рисунок 11 –  $R = 8/9, n = 1125$

Разработана платформа для моделирования LDPC кодов из стандарта 5G NR. Сравнительный анализ показывает (Рисунки 3 и 4), что LDPC коды (жёлтый график) эффективнее других современных кодов на длинных кодовых блоках как при высоких, так и при низких скоростях. На рисунках скорость кода –  $R$ , длина кодового слова –  $n$ .

#### Список литературы

1. Gallager, R.G. Low Density Parity Check Codes. / R.G. Gallager // Cambridge: M.I.T. Press. – 1963 – 111 c.
2. Сагалович, Ю.Л. Введение в алгебраические коды. / Ю.Л. Сагалович // М.: МФТИ. – 2007. – 310 c.
3. Guruswami, V. Essential Coding Theory // Guruswami V., Rudra A., Sudan M. / – 2023 – 535 c.

Проказюк С.Ю.

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ НЕРАЗРЫВНОСТИ МЕТОДОМ ХАРАКТЕРИСТИК**

Кафедра механики и математического моделирования ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель – к.ф.-м.н. доцент Е.В. Амосова

При численном решении задач математической физики необходимо аппроксимировать уравнение неразрывности, которое обладает слабой устойчивостью. Это уравнение представляет собой зависимость между скоростями в потоке жидкости или газа, для которого соблюдается условие сплошности, или неразрывности течения, т.е. в среде не образуется незаполненных пустот. Уравнение выражает фундаментальный закон сохранения массы [1]. Дифференциальное уравнение неразрывности в одномерном случае для неустановившегося течения имеет вид:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\rho u) = 0 \quad (1)$$

Будем рассматривать (1) при заданной скорости  $u(x) = \sin(3\pi x)$  при заданном начальном условии:

$$\rho = \rho_0(x) = 2.1 \quad (2)$$

В работе предоставлен алгоритм численного решения задачи (1), (2), основанной на аппроксимации уравнения переноса для функции  $y=\ln(\rho)$  вдоль характеристик потока найденное численное решение сравнивается с точным решением задачи (1), (2). Показаны особенности решения задачи Коши (1), (2), которые демонстрируют свойство решения уравнения неразрывности собираться в точках обращения скорости в ноль к разным значениям в зависимости от условия (2), а в остальных точках решение стремится к нулю при  $t \rightarrow \infty$ .

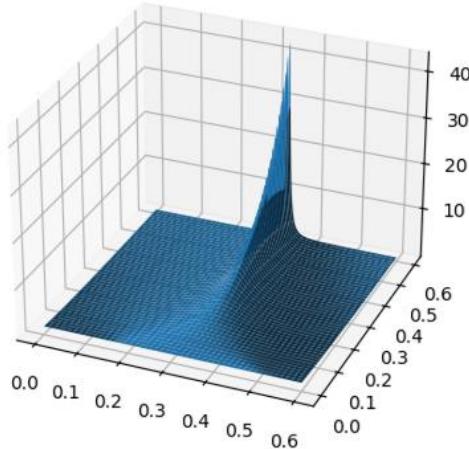


Рисунок 1. Точное решение задачи Коши для уравнения неразрывности (1) с заданной функцией  $u(x) = \sin(3\pi x)$

*Список литературы*

1. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа: Учеб. для вузов – 7-е издание, испр. / Л.Г. Лойцянский // Дрофа – 2003. – 840 с., 311 ил., 22 табл.

Поповкин А. А., Жесткова В. О., Севостьянов Д. С., Плещанов Д. А., Вегера Д. Е.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ КРОВИ В МИКРОСОСУДАХ

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор А. Е. Ковтанюк

Для предсказания ситуаций, связанных с гипоксией, следствием которой может являться гибель клеток мозга, снижение когнитивных функций и физиологической активности, важно уметь моделировать движение крови в микрососудах. Цель работы — изучение движения крови в микрососудах.

Кровь будет описана как двухфазная жидкость, состоящая из плазмы и эритроцитов, при этом эритроциты моделируются как жидкость с высокой вязкостью (вязкость плазмы 0.001 Па · с, вязкость эритроцитов 0.1 Па · с). Если диаметр микрососуда меньше 8 мкм, то поток крови можно представить в виде последовательности эритроцитов, движущихся друг за другом с потоком плазмы (см. рис. 1). Здесь  $r_c$  — радиус сосуда,  $r_e$  — радиус эритроцита,  $l_e$  — длина эритроцита,  $L$  — длина сосуда,  $h$  — деформация. С учетом осевой симметрии движение крови изучается в области  $\Omega$ , в плоскости двух цилиндрических координат: радиальной  $x_1$  и продольной  $x_2$  (см. рисунок 2).

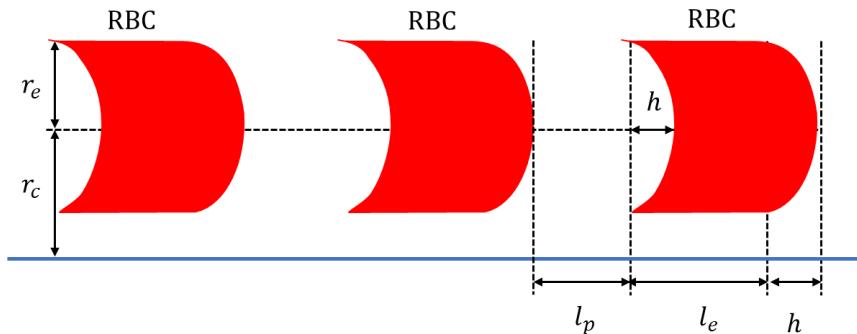


Рисунок 1 – Схематический рисунок эритроцитов, движущихся в капилляре

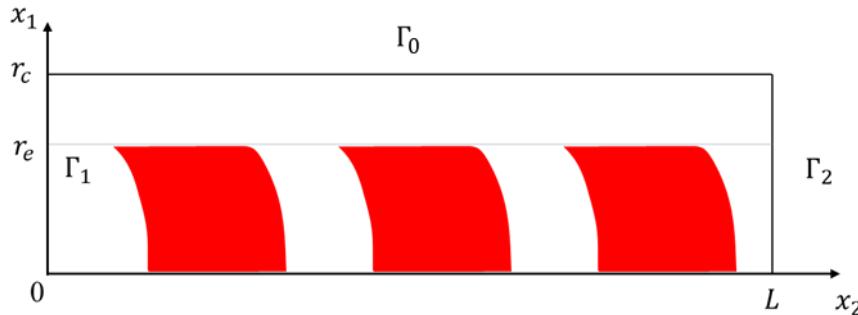


Рисунок 2 – Расчетная область  $\Omega$  в цилиндрической системе координат при осевой симметрии

Движение крови в области  $\Omega$  будем описывать системой уравнений Стокса с переменной вязкостью [1]. На стенке сосуда задается условие прилипания скорости, на входе и на выходе — равенство нулю радиальной компоненты. Для решения системы Стокса применялся метод конечных элементов, его программная реализация была проведена в пакете FreeFEM++ (<https://freefem.org/>). В серии вычислительных экспериментов изучалось влияние деформации эритроцитов (параметр  $h$ , см рис.1) на скорость потока  $Q$ . Зависимость скорости потока от коэффициента деформации  $d = h/l_e$  при различных значениях линейной плотности эритроцитов  $H = l_e/(l_e + l_p)$  представлена на рис. 3, поведение относительной погрешности — на рисунке 4.

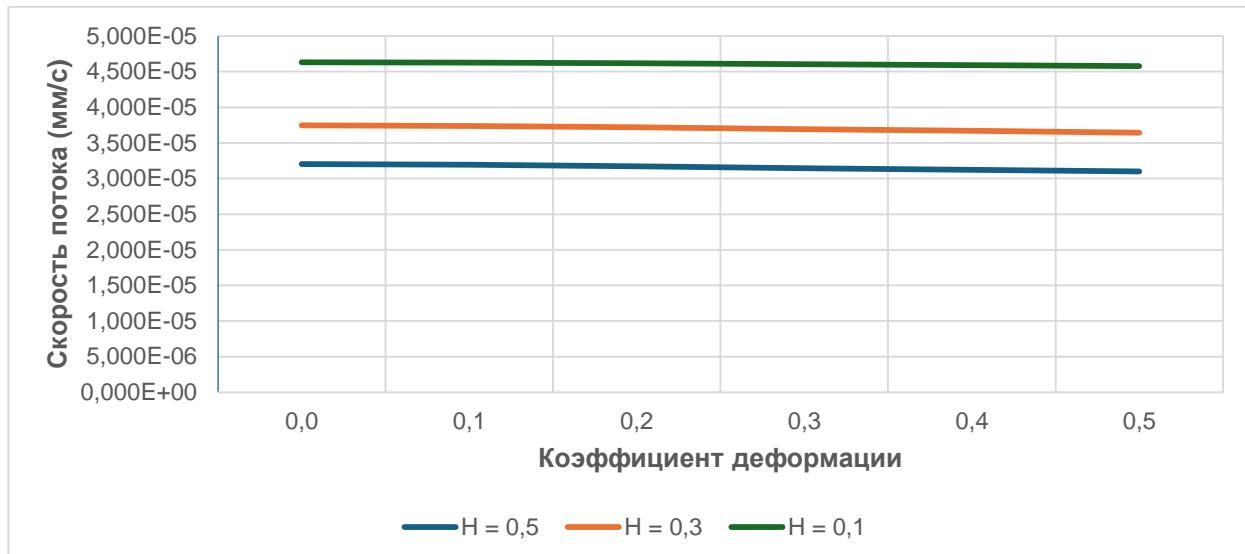


Рисунок 3 – Скорость потока

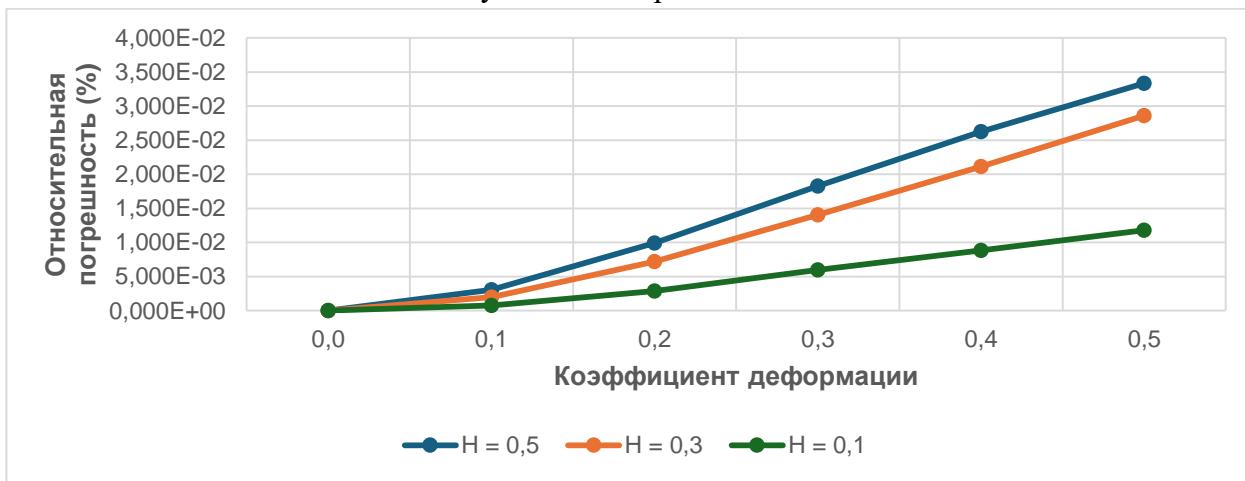


Рисунок 4 – Относительная погрешность

Из результатов вычислительных экспериментов видно, что деформация эритроцитов незначительно влияет на скорость потока и даёт ошибку, находящуюся в пределах погрешности измерений. Это дает основание использовать цилиндрическую форму эритроцитов при описании модельной области и позволяет применять аналитические подходы к моделированию движения крови по капиллярной сети, что значительно увеличит скорость вычислений.

#### Список литературы

1. Kovtanyuk A. Modeling of the cerebral blood circulation in a capillary network accounting for the influence of the endothelial surface layer / A. Kovtanyuk, V. Turova, I. Sidorenko, A. Chebotarev, R. Lampea // Computer Methods and Programs in Biomedicine. – 2022. – V. 224. – 107008.

Багрова А.А., Ермишикина В.В.

## СТЕПЕННЫЕ ЗАКОНЫ ЗВЕЗДНОГО НЕБА

Департамент информационных и компьютерных систем ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент Ю. А. Злобина

В природе широко распространены системы, демонстрирующие самоподобие при изменении пространственно-временных интервалов: если объект обладает какой-то структурой, то аналогичная структура должна проявиться во многих масштабах. Нерегулярные самоподобные структуры называют фракталами.

Для характеристики фракタルных объектов используют размерность Хаусдорфа:

$$D = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\ln N(r)}{\ln 1/r},$$

где:  $N(r)$  – минимальное число дисков диаметра  $r$ , необходимых для покрытия фрактала.

Для гладкой кривой размерность, найденная по данной формуле, будет равна единице (евклидовая размерность), а для кривой Коха размерность Хаусдорфа  $D \approx 1,26$ , для множества Кантора  $D \approx 0,63$ .

В данной работе исследовалась двумерная структура звездного неба. Мы построили проекции звезд на плоскость в декартовой системе координат и рассчитали для них фрактальные размерности, исходя из простого степенного закона  $N \sim r^D$ .

В процессе выполненной работы было написано консольное приложение на языке C++ с помощью инструментов Microsoft Visual Studio.

При запуске приложения пользователь должен ввести ID центральной звезды, вокруг которой будет происходить эксперимент, в соответствии с ID звезды из каталога HYG.

Далее программа запрашивает пользователя ввести радиус  $dr$  окружности для дальнейшего подсчета количества звезд, входящих в данную область. С каждой итерацией радиус  $r$  будет увеличиваться на первоначально введенную величину:  $r_{i+1} = r_i + dr$ .

При завершении расчетов приложение выводит в консоль таблицу, в которой указаны номер итерации, величина радиуса окружности, количество звезд.

Затем с помощью инструментов GnuPlot в двойных логарифмических осях строится зависимость числа звезд, попавших в круг, от величины радиуса этого круга. Угловая мера полученной линии в данном случае соответствует фрактальной размерности объекта. Для звездного неба на расстоянии до 50 парсек от Солнца фрактальная размерность составляет  $D \approx 1,8$ . Если же рассматривать звезды, расстояние до которых больше 50 парсек, то найденная фрактальная размерность уменьшается до  $D \approx 1,3$ . Изменение размерности может быть связано с неполными данными, например, в каталоге содержатся не все существующие звезды в пределах рассматриваемых расстояний.

### Список литературы

1. Иудин, Д.И. Фракталы: от простого к сложному / Д.И. Иудин, Е.В. Копосов // Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т – Н. Новгород: ННГАСУ – 2012.–200 с
2. Юдин, В.В. Информодинамика сетевых структур. Вероятность. Древесные графы. Фракталы. / В.В. Юдин, Т.А. Писаренко, Е.А. Любченко // Владивосток: Изд-во ДВГУ, 2003. 243 с.
3. Шредер, М. Фракталы, хаос, степенные законы: миниатюры из бесконечного рая / М. Шредер // Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика – 2001. – 527 с.

Васильев Е.В.<sup>1</sup>, Капитан Д.Ю.<sup>2</sup>, Рыбин А.Е.<sup>2</sup>, Капитан В.Ю.<sup>3</sup>

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ СКИРМИОНА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

<sup>1</sup>Департамент информационной безопасности ИМиКТ ДВФУ

<sup>2</sup>Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий ИНТИПМ ДВФУ

<sup>3</sup>Национальный университет Сингапура, Сингапур

<sup>1,2</sup>Научный руководитель - д.ф.-м.н., профессор К.В. Нефедев

Магнитные скирмионы представляют собой топологически защищенные наноразмерные магнитные структуры, которые в последние годы являются перспективными кандидатами для хранения и обработки информации в устройствах спинtronики. Скирмионы характеризуются нетривиальной топологией, где магнитные моменты врачаются вокруг центральной оси, создавая структуру, подобную водовороту (вихрю). Динамика и стабильность скирмиона представляют большой интерес, а его поведение под воздействием внешнего магнитного поля является областью активных исследований [1,2].

В данной работе влияние внешнего магнитного поля, создаваемого несколькими проводниками с током в плоскости x-y, на магнитный скирмion было исследовано с помощью компьютерного моделирования на основе метода Монте-Карло [3]. Для моделирования магнитной спиновой системы использовалась модель Гейзенберга (1) и плоская двумерная квадратная решетка, а магнитное поле от проводников рассчитывалось в соответствии с законом Био-Савара-Лапласа.

$$\hat{H} = - \sum_{\langle i,j \rangle} J_{i,j} \cdot (\vec{S}_i \cdot \vec{S}_j) - \sum_{\langle i,j \rangle} D_{i,j} \cdot (\vec{S}_i \times \vec{S}_j) - \mu_0 \sum_i^N \vec{S}_i \cdot \vec{B}_i \quad (1)$$

Моделирование было проведено в два этапа. На первом этапе в магнитном материале создается скирмion, и система приходит в устойчивое состояние локального минимума. На втором этапе к системе прикладывается магнитное поле, создаваемое током в проводнике, и моделируется с помощью алгоритма Метрополиса с добавленным магнитным полем.

В ходе моделирования можно наблюдать несколько интересных явлений. Например, магнитное поле, создаваемое током в проводнике, может заставить скирмion двигаться или деформироваться, в зависимости от направления и силы поля. В некоторых случаях скирмion может быть захвачен или прижат магнитным полем, что может быть полезно для спинtronных магнитно-резистивных устройств.

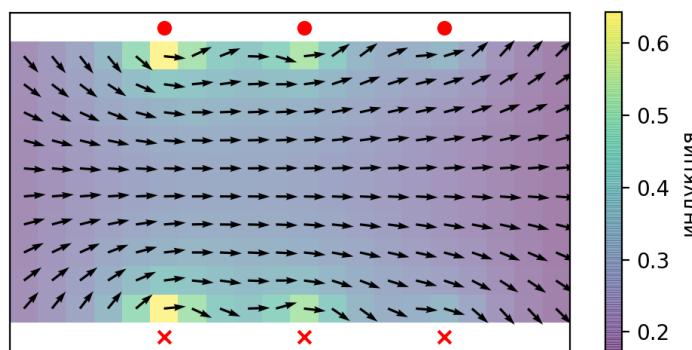


Рисунок 1 – Распределение магнитного поля вблизи нескольких проводников

Результаты моделирования показали, что поведение скирмиона зависит от количества проводников, силы и направления их токов, а также от расстояния между проводниками и магнитным материалом.

Исследование поведения магнитного скирмиона под воздействием внешнего магнитного поля, создаваемого несколькими проводниками с током, позволяет лучше понять фундаментальную физику

скирмионов. Результаты дают представление о динамике и стабильности скирмиона под воздействием внешних магнитных полей и могут помочь в разработке новых спинtronных устройств, использующих уникальные свойства магнитных скирмионов.

*Работа выполнена при поддержке государственного задания Минобрнауки в рамках научного проекта № 22052500009–6.*

#### Список литературы

Wang, C. et al. Manipulating and trapping skyrmions by magnetic field gradients / C. Wang // New Journal of Physics. – 2017. – Т. 19. – №. 8. – С. 083008.

Casiraghi, A. et al. Individual skyrmion manipulation by local magnetic field gradients/ A. Casiraghi // Communications Physics. – 2019. – Т. 2. – №. 1. – С. 145

Perzhu, A. et al. Monte Carlo simulation of magnetic skyrmions in ferromagnetic films / A. Perzhu // Solid State Phenomena. – Trans Tech Publications Ltd, 2020. – Т. 312. – С. 256-260.

---

Гренкин Г.В.

## РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ НАХОЖДЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ В МОДЕЛИ СЛОЖНОГО ТЕПЛООБМЕНА

Владивостокский государственный университет

Модель сложного теплообмена, описывающая стационарное состояние, имеет вид системы полулинейных эллиптических уравнений с краевыми условиями третьего рода. Если плотность источников тепла известна с точностью до постоянных коэффициентов, приходят к обратной задаче нахождения этих коэффициентов по дополнительному условию – заданным значениям средней температуры в каждом источнике. Таким образом, требуется по известному количеству энергии, сосредоточенному в каждом источнике, узнать, сколько тепла выделяет каждый из них в единицу времени, что позволит полностью рассчитать теплообмен.

В работе [1] установлено, что обратная задача имеет хотя бы одно решение. При этом единственность решения обратной задачи доказана лишь в малом. В связи с этим ставится задача уточнить условия единственности решения обратной задачи, не только в зависимости от значений коэффициентов, входящих в уравнения, но и для конкретных плотностей источников.

В работе [2] для решения обратной задачи предлагается алгоритм, основанный на решении вспомогательной линейной обратной задачи для суммы тепловой и радиационной энергии.

Для решения обратной задачи возможны следующие корректировки алгоритма:

1. Учитывая, что в случае пропорциональных эллиптических операторов, входящих в уравнения для температуры и интенсивности излучения, свойства монотонности последовательности приближений установлены яснее, предлагается выделить пропорциональные части эллиптических операторов, а оставшиеся граничные функции брать с предыдущего шага алгоритма.

1. Поскольку скорость сходимости предлагаемого алгоритма оказывается ниже, чем у методов линеаризации, предложено использовать для расчетов метод «предиктор-корректор», основанный на расщеплении матрицы Якоби в виде разности двух положительно определенных матриц. По сравнению с классическим методом Ньютона, который не сработает в точке вырожденности матрицы Якоби, шаг данного метода всегда определен корректно.

В работе сформулированы условия монотонной сходимости алгоритма в случае двух источников и пропорциональных эллиптических операторов. Стоит отметить, что в случае нарушения

этих условий метод «предиктор-корректор» обеспечивает необходимую коррекцию, приводящую к уменьшению завышенного предсказания количества суммы тепловой и радиационной энергии в каком-либо источнике. В связи с этим вопрос строгого обоснования сходимости метода «предиктор-корректор» в общем случае остается открытой проблемой.

### *Список литературы*

1. Chebotarev, A.Yu. Inverse problem with finite overdetermination for steady-state equations of radiative heat exchange / A.Yu. Chebotarev, G.V. Grenkin, A.E. Kovtanyuk, N.D. Botkin, K.-H. Hoffmann // J. Math. Anal. Appl. 2018. Vol. 460, № 2. P. 737-744.
2. Гренкин, Г.В. Единственность решения обратной задачи для модели сложного теплообмена / Г.В. Гренкин // Сиб. электрон. матем. изв. – 2024. – Т. 21, № 1. – С. 98-104.

---

А. А. Громыко

## **ВЛИЯНИЕ ВНУТРИВИДОВОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА ДИНАМИКУ ПОПУЛЯЦИИ ПРИ ПРОТАНДРИИ**

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель - д.ф.-м.н., профессор Г.П. Неверова

У некоторых видов животных особи могут изменять пол, что позволяет популяции более успешно адаптироваться к условиям среды, повышая ее шансы на выживание. Изучению этого феномена посвящено большое количество работ, которые, преимущественно акцентируются на биохимической составляющей процесса, например [1]. При этом особенности популяционной динамики таких видов с помощью методов математического моделирования, как правило, не рассматриваются. В данной работе предложена математическая модель с дискретным временем, ориентированные на описание динамики видов, особи которых меняют пол в процессе взросления; особи, сменив пол при достижении определенного возраста, далее существуют в новой форме.

Предполагается, что на начало очередного сезона размножения популяция представлена двумя группами: самцами и самками; при этом уровень рождаемости определяется только количеством самок, однако присутствует плотностно-зависимое лимитирование рождаемости, обусловленное внутривидовой конкуренцией за ресурсы. Введем следующие обозначения  $Y$  – численность самок,  $X$  – численность самцов,  $n$  – номер периода размножения, функция  $a(X,Y)$  характеризует скорость роста популяции,  $d$  ( $0 \leq d \leq 1$ ) описывает долю самок/самцов, которые не поменяли пол,  $s$  ( $0 \leq s \leq 1$ ) коэффициент выживаемости самок,  $v$  ( $0 \leq v \leq 1$ ) – коэффициент выживаемости самцов. Функция  $a(X,Y)$  выбрана по аналогии с моделью Рикера в виде  $a(X,Y) = ae^{-\alpha X - \beta Y}$ , где  $a$  – репродуктивный потенциал популяции с учетом выживаемости новорожденных самцов;  $\alpha$  и  $\beta$  характеризуют интенсивность снижения рождаемости в результате конкуренции за ресурсы между самцами и самками; функция  $a(X,Y)$  монотонно убывает и стремится к нулю при бесконечном возрастании аргументов. Отметим, что модель Рикера хорошо подходит для описания процессов лимитирования в популяциях, характеризующихся  $r$ -стратегией размножения. В рамках работы рассматриваются форма последовательного гермафродитизма, именуемая протандрией.

Протандрия наблюдается у видов особи которых рождаются самцами, а затем становятся самками, т.е. с течением времени часть самцов, повзрослев, меняет пол, пополняя группу самок. Примером таких видов являются рыбы-клоуны (род *Amphiprion*) и моллюски, например морские туфельки *Crepidula fornicate*. Морские туфельки *Crepidula fornicate* были случайно завезены в Европу

в конце XIX века из Северной Америки; не имея на этой территории естественных врагов, моллюски быстро распространились, став вредителем устричных плантаций. Следовательно, моделирование динамики и понимание механизмов изменения численности подобных видов имеет практическую значимость [3].

Динамика численности таких видов также определяется рождаемостью и смертностью, при этом на воспроизводство оказывают влияние процессы смены пола, а именно за один шаг во времени часть самцов повзрослев, меняет пол, пополняя группу самок. Таким образом, группа самцов на начало очередного сезона размножения представлена численностью новорожденных особей и выживших самцов, что еще не поменяли пол. Группа самок включает в себя выживших «старых» самок и тех самцов, что к началу данного сезона размножения поменяли пол. Дополнительно предполагается, что самцов всегда достаточно и численность новорожденных самцов определяется только числом самок, при этом осуществляется плотностная регуляция рождаемости: с увеличением численности популяции наблюдается снижения рождаемости в силу конкуренции особей за ресурсы. Динамика численности такой популяции может быть описана следующей двухкомпонентной моделью с дискретным временем:

$$\begin{cases} Y_{n+1} = s \cdot (1 - d) \cdot X_n + v \cdot Y_n \\ X_{n+1} = a(X_n, Y_n) \cdot Y_n + s \cdot d \cdot X_n \end{cases} \quad (1)$$

Проведено аналитическое исследование модели (1). Показано, что система (1) имеет две неподвижные точки: тривиальную, соответствующую гибели популяции, и нетривиальную. Найдены условия устойчивости этих решений. Построены параметрические портреты, соответствующие областям устойчивости неподвижных точек при вариации значений параметров  $a$  и  $\rho$ . В целом же можно заключить, что в модели динамики популяции с изменяющимся половым составом при увеличении потенциальных репродуктивных возможностей особей с учетом регуляции рождаемости возникают колебания численности, имеющие весьма сложную временную организацию. Также показано, что в модели возникает мультистабильность: при вариации начального условия притягивающими оказываются разные динамические режимы.

Таким образом, на основе исследования предложенных моделей показано, что в популяциях, динамика которых может быть описана подобными системами, возможно возникновение колебаний, как регулярных, так и нерегулярных. Также возможна смена наблюданного режима динамики в силу вариации текущего состава популяции из-за влияния внешних факторов.

#### *Список литературы*

1. Todd, E. V. Stress, novel sex genes, and epigenetic reprogramming orchestrate socially controlled sex change / E. V. Todd, O. Ortega-Recalde, H. Liu, M. S. Lamm, K. M. Rutherford, H. Cross, N. J. Gemmell // Science Advances. – 2019. – V. 5 (7). – eaaw7006.
2. Munday, P. L. Changing sex / P. L Munday // Nature Australia. – 2000. – V. 26 (11). – P. 50–59.
3. Henry, J. Q. Molluscan models: Crepidula fornicate / J. Q. Henry, D. C. Lyons // Current Opinion in Genetics & Development. – 2016. – V. 39. – P. 138–148. – DOI: 10.1016/j.gde.2016.05.021.

К. М. Дорошева

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОМОДОВОГО ОПТИЧЕСКОГО СЕНСОРА НА ОСНОВЕ ОДНОМЕРНОГО ФОТОННОГО КРИСТАЛЛА

Политехнический институт ДВФУ, департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии

Научный руководитель – старший преподаватель Ефимов И.М

Оптические сенсоры – это высокотехнологичные устройства, которые используют оптические свойства и химические реакции для обнаружения и измерения концентраций различных химических соединений в окружающей среде. Они являются важным инструментом для контроля и мониторинга различных процессов, обеспечивая высокую чувствительность и точность измерений. В настоящее время активно исследуются фотонные кристаллы (ФК) – это материалы с упорядоченной структурой, характеризующейся строго периодическим изменением коэффициента преломления в масштабах, сопоставимых с длинами волн излучений в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах. Кроме того, по тому, как именно изменяется показатель преломления, все ФК можно разделить на три группы: одномерные, двумерные и трехмерные. Более подробно рассмотрим одномерные ФК – это такие виды кристаллов, когда показатель преломления изменяется в них периодически в одном направлении. Такие структуры состоят из нескольких слоев материалов с разными показателями преломления [1].

В данной работе были исследованы ФК, его математическое описание матричного метода расчета спектров отражения и пропускания.

Цель данной работы является создание модели многомодового оптического сенсора для определения концентрации компонентов в смеси.

Актуальность данной работы является то, что интерес к ФК продолжает расти благодаря их потенциальной применимости в таких областях, как оптическая связь, фотоника, лазерная техника, оптические компьютеры, солнечные батареи, сенсорика и многое другое. Благодаря своим уникальным оптическим свойствам и перспективным применениям, ФК считаются одними из наиболее перспективных материалов в современной оптике и фотонике.

Указанная периодичность в ФК обуславливает возникновение фотонных запрещенных зон (ФЗЗ) – спектральной области, в пределах которой распространение света в ФК подавлено во всех или в некоторых выбранных направлениях. Будучи прозрачными для широкого спектра электромагнитного излучения, ФК не пропускают свет с длиной волны, сравнимой с периодом структуры ФК. Наличие ФЗЗ обуславливает эффект локализации света, что позволяет осуществлять управление излучением внутри ФК при помощи правильного выбора геометрии структуры решетки. Кроме того, ФЗЗ может быть сформирована посредством создания искусственных дефектов в кристалле. А также, при наличии полной ФЗЗ распространение света подавлено в любом направлении в спектральном диапазоне, совпадающем с запрещенной зоной [1].

Наша работа направлена на то, что при изменении показателя преломления пик (дефектная мода) в спектре сместится. Благодаря этому мы можем обнаружить изменение показателя преломления. Однако это большая проблема, поскольку в данном случае мы не можем определить изменение концентрации, именно поэтому в данной работе рассматривается модель многомодового сенсора.

На рисунке 1 представлен спектр пропускания дефектного слоя с множеством мод с зеркальной симметрией. Известно, что такой вид спектра можно достичь, если увеличить толщину дефектного слоя во много раз. Однако, это нельзя делать до бесконечности, так как есть большая вероятность того, что несколько мод могут слиться в одну. Используя этот спектр, мы тоже не можем определить концентрацию, а только показатель преломления.

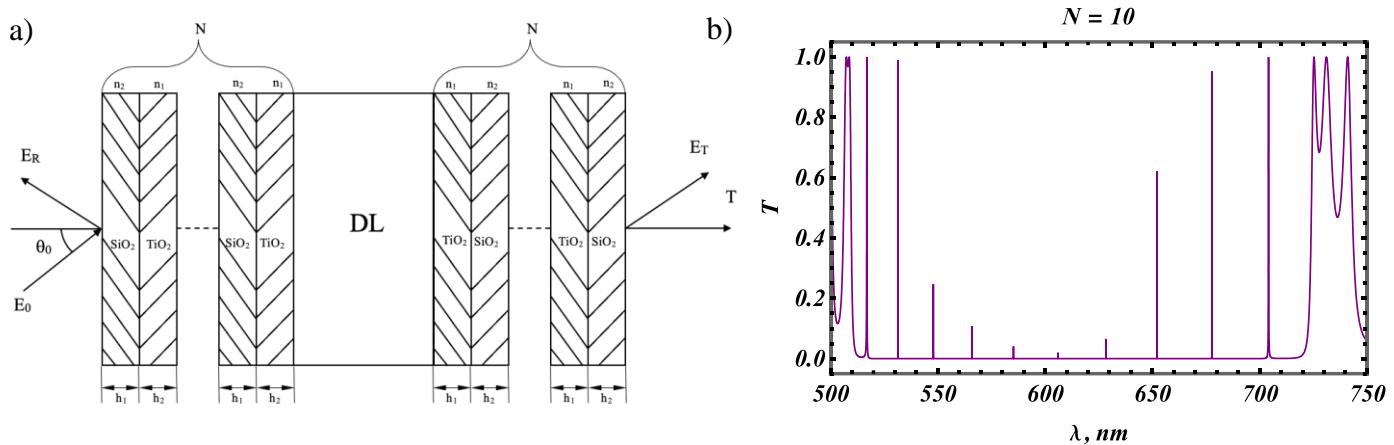


Рисунок 1 – а) Структура ФК зеркальная; б) Спектр пропускания дефектного слоя с множеством мод  
 N – количество ячеек       $\lambda$  – длина волны  
 Т – пропускание      n1 и n2 – показатель преломления первого и второго слоя  
 h1 и h2 – толщина преломления первого и второго слоя  
 00 – угол падения на ФК      DL – дефектный слой  
 E0, ER, ET – падающая, отражённая и прошедшая волна, соответственно

Одна дефектная мода помогает определить показатель преломления, а для бинарной сети можно определить концентрацию. Однако, если использовать больше веществ, то еще нет решения, как определить концентрацию в этом случае.

Так как не существует абсолютно двух одинаковых веществ с одинаковыми показателями преломления на произвольном диапазоне длин волн, то для решения этой проблемы нами предлагается система уравнений 1.

$$\left\{ \begin{array}{l} n_d(\lambda_1) = \sum_{i=1}^m n_i(\lambda_1) \delta_i \\ n_d(\lambda_2) = \sum_{i=1}^m n_i(\lambda_2) \delta_i \\ \vdots \\ n_d(\lambda_j) = \sum_{i=1}^m n_i(\lambda_j) \delta_i \\ \vdots \\ n_d(\lambda_{m-1}) = \sum_{i=1}^m n_i(\lambda_{m-1}) \delta_i \\ \sum_{i=1}^m \delta_i = 1 \end{array} \right. \quad (1)$$

Эта система позволяет связать положение дефектных мод с соответствующим показателем преломления дефектного слоя на той же длине волны. Такой подход позволяет использовать такого рода сенсоры не только для определения показателя преломления, а и для определения концентрации компонентов небинарной смеси.

#### Список литературы

- Филипенко, А. И. Исследование компенсаторов дисперсии, построенных на базе фотонных кристаллов / А. И. Филипенко, Е. Л. Дьяченко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2009. – Т. 5, № 6. – С. 7-13. – URL: [https://elibRARY.ru/download/elibrary\\_23127991\\_94117867.pdf](https://elibRARY.ru/download/elibrary_23127991_94117867.pdf) (дата обращения: 07.12.2023).

Елистратов В.Е.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ РЕШЕНИИ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

Институт математики и компьютерных технологий

Дальневосточный федеральный университет

Научный руководитель – к.ф.-м.н. доцент Е.В. Амосова

Создание новых и преобразование уже существующих численных методов для повышения надежности является актуальной задачей вычислительной математики. Решение различных задач математической физики описываются гиперболическими уравнениями первого порядка, которые, несмотря на простоту вида дифференциального уравнения, решение могут быть гладкими в одних областях и разрывными в других. [1]. Разрывные решения могут возникать из гладких начальных данных. Такие свойства решений накладывают на алгоритм численного решения определенные препятствия, преодоление которых влечет многократное увеличение вычислительных и временных затрат.

В работе рассматривается метод нахождения численных решений нелинейных и квазилинейных уравнений гиперболического типа первого порядка, основанный на аппроксимации дифференциального оператора полной производной вдоль характеристик для начального состояния. Построенное таким образом приближенное решение обладает гладкостью начального состояния, но в тоже время описывает разрывное поведение решения. Схема имеет первый порядок аппроксимации и абсолютно устойчивая.

Рассмотрим задачу Коши для дифференциального линейного гиперболического уравнения:

$$\frac{\partial y}{\partial t} + 3 \frac{\partial y}{\partial x} = 0, \quad x \in (-\infty; +\infty), \quad t > 0,$$

$$y(x, 0) = y_0(x), \quad x \in (-\infty; +\infty). \quad (1)$$

Для примера рассмотрим начальный профиль волны в виде двух функций, сглаживающих разрыв.

$$y_0(x) = \frac{1}{1 + e^{600(0.3-x)}} + \frac{1}{1 + e^{600(x-0.5)}} - 1.$$

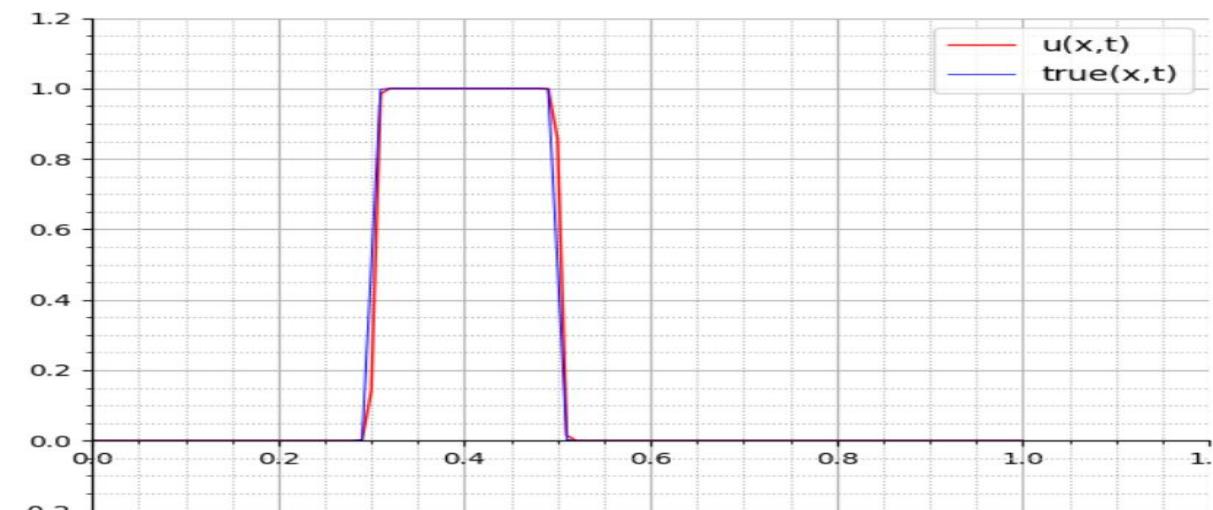


Рисунок 1 – График решения задачи (1).

Синяя линия соответствует приближённому решению, красная – точному решению

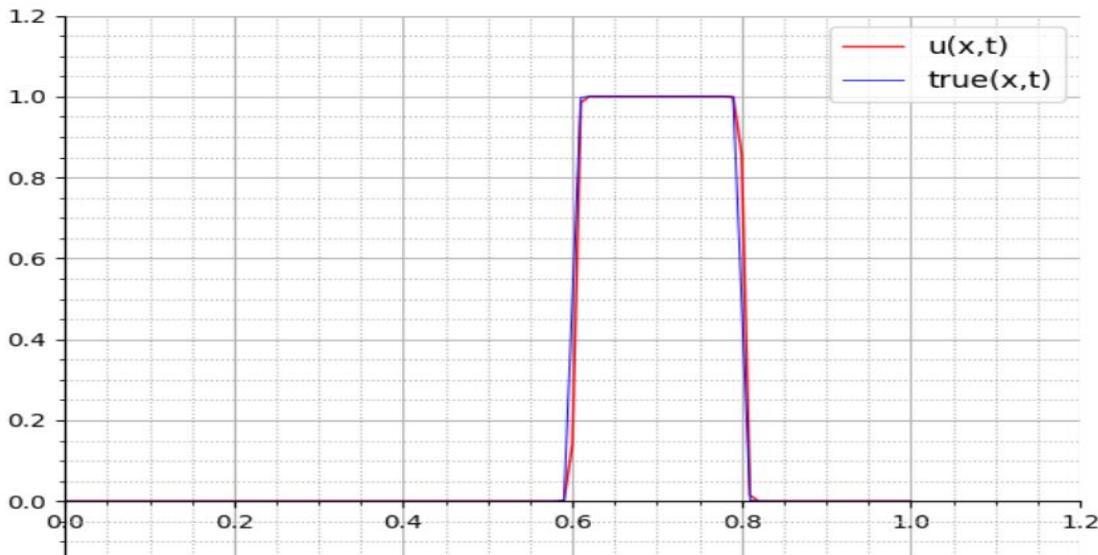


Рисунок 2 – График решения задачи (1) в другой момент времени

#### *Список литературы*

1. Рождественский, Б.Л. Системы квазилинейных уравнений и их приложения к газовой динамике / Б.Л. Рождественский, Н.Н. Яненко. – М.: Наука, главная редакция физико-математической литературы, 1978. - 688 с.

Миролюбова А.А.

### **ЧИСЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА РЕШЕНИЯ ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ШТУРМА-ЛИУВИЛЛЯ НА ПОЛУБЕСКОНЕЧНОМ ИНТЕРВАЛЕ**

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ  
Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент Пак Т.В.

Задача Штурма-Лиувилля для угловых волновых эллипсоидальных функций удовлетворяют уравнениям:

$$f^{1/2}(\xi) \frac{d}{d\xi} f^{1/2}(\xi) \frac{d\Lambda}{d\xi} + \frac{1}{4} q(\xi, h, l) \Lambda = 0, \quad 0 < \xi < 1$$

$$[-f(\xi)]^{1/2} \frac{d}{d\xi} [-f(\xi)]^{1/2} \frac{d\Lambda}{d\xi} - \frac{1}{4} q(\xi, h, l) \Lambda = 0, \quad 1 < \xi < k^{-2}$$

С граничными условиями

$$\lim_{\xi \rightarrow +0} \Lambda(\xi) = 0 \quad \text{или} \quad \lim_{\xi \rightarrow +0} \left[ f^{\frac{1}{2}}(\xi) \Lambda'(\xi) \right] = 0,$$

$$\lim_{\xi \rightarrow 1-0} \Lambda(\xi) = 0 \quad \text{или} \quad \lim_{\xi \rightarrow 1-0} \left[ f^{\frac{1}{2}}(\xi) \Lambda'(\xi) \right] = 0,$$

$$\lim_{\xi \rightarrow 1+0} \Lambda(\xi) = 0 \quad \text{или} \quad \lim_{\xi \rightarrow 1+0} \left\{ [-f(\xi)]^{1/2} \Lambda'(\xi) \right\} = 0,$$

$$\lim_{\xi \rightarrow k^{-2}-0} \Lambda(\xi) = 0 \quad \text{или} \quad \lim_{\xi \rightarrow k^{-2}-0} \left\{ [-f(\xi)]^{1/2} \Lambda'(\xi) \right\} = 0.$$

где:  $f(\xi) = \xi(\xi - 1)(\xi - k^{-2})$ ,  $q(\xi) = hk^{-2} - lk^{-2}\xi + \omega^2\xi^2$ .

Необходимо найти значения параметров  $h, l$  и вычислить собственные функции, нормированные требованием:

$$\int_0^1 \int_1^{k^{-2}} \frac{(\xi_2 - \xi_1) A^2(\xi_1) A^2(\xi_2)}{f^{1/2}(\xi_1) [-f(\xi_2)]^{1/2}} d\xi_2 d\xi_1 = 1$$

Чтобы найти собственные значения двухпараметрических краевых задач для угловых волновых эллипсоидальных функций введём вспомогательную фазовую функцию  $\theta(\xi)$ :

$$\begin{aligned}\theta' &= \frac{v^2(\xi)}{f^2(\xi)} \cos^2 \theta + \frac{q(\xi) \sin^2 \theta}{4v^2(\xi)f^2(\xi)} + \frac{v'(\xi)}{v(\xi)} \sin(2\theta), \quad 0 < \xi < 1, \\ \theta' &= \frac{v^2(\xi)}{[-f(\xi)]^{1/2}} \cos^2 \theta - \frac{q(\xi) \sin^2 \theta}{4v^2(\xi)[-f(\xi)]^{1/2}} + \frac{v'(\xi)}{v(\xi)} \sin(2\theta), \quad 1 < \xi < k^{-2},\end{aligned}$$

где:  $v(\xi)$  - масштабирующая функция положительная на  $[0, k^{-2}]$

Границные условия:

$$\begin{array}{lll}\lim_{\xi \rightarrow +0} \theta(\xi) = 0 & \text{или} & \lim_{\xi \rightarrow +0} \theta(\xi) = \frac{\pi}{2}, \\ \lim_{\xi \rightarrow 1-0} \theta(\xi) = \pi + m\pi & \text{или} & \lim_{\xi \rightarrow 1-0} \theta(\xi) = \frac{\pi}{2} + m\pi, \\ \lim_{\xi \rightarrow 1+0} \theta(\xi) = 0 & \text{или} & \lim_{\xi \rightarrow 1+0} \theta(\xi) = \frac{\pi}{2}, \\ \lim_{\xi \rightarrow k^{-2}-0} \theta(\xi) = \pi + (n-m)\pi & \text{или} & \lim_{\xi \rightarrow k^{-2}-0} \theta(\xi) = \frac{\pi}{2} + (n-m)\pi.\end{array}$$

Проведём замену независимой переменной, позволяющую избавиться от особенностей в точках  $\xi = 0, 1, k^{-2}$ :

$$x = \begin{cases} (\xi/2)^{\frac{1}{2}}, & 0 \leq \xi \leq 1/2, \\ 1 - [(1-\xi)/2]^{\frac{1}{2}}, & 1/2 \leq \xi \leq 1, \\ 1 + [(\xi-1)(k^{-2}-1)/2]^{\frac{1}{2}}, & 1 \leq \xi \leq (1+k^{-2})/2, \\ k^{-2} - [(k^{-2}-\xi)(k^{-2}-1)/2]^{\frac{1}{2}}, & (1+k^{-2})/2 \leq \xi \leq k^{-2}. \end{cases}$$

Функция  $q(x, \sigma, \tau)$  обладает свойством монотонного возрастания по параметрам  $\sigma$  и  $\tau$  на интервале  $[0, 1]$ , а на интервале  $(0, k^{-2}]$  монотонного возрастания по параметру  $\tau$  и монотонного убывания по  $\sigma$ . Следовательно, для фазовых функций справедливы соотношения:

$$\operatorname{sign}[\tilde{\sigma} - \sigma_T^I(\tilde{\tau})] = \operatorname{sign}[\tilde{\theta}_1(c^I, \tilde{\sigma}, \tilde{\tau}) - \tilde{\theta}_2(c^I, \tilde{\sigma}, \tilde{\tau})],$$

$$\operatorname{sign}[\tilde{\tau} - \tau_T^I(\tilde{\sigma})] = \operatorname{sign}[\tilde{\theta}_1(c^I, \tilde{\sigma}, \tilde{\tau}) - \tilde{\theta}_2(c^I, \tilde{\sigma}, \tilde{\tau})],$$

$$\operatorname{sign}[\tilde{\sigma} - \sigma_T^{II}(\tilde{\tau})] = \operatorname{sign}[\tilde{\theta}_4(c^{II}, \tilde{\sigma}, \tilde{\tau}) - \tilde{\theta}_3(c^{II}, \tilde{\sigma}, \tilde{\tau})],$$

$$\operatorname{sign}[\tilde{\tau} - \tau_T^{II}(\tilde{\sigma})] = \operatorname{sign}[\tilde{\theta}_3(c^{II}, \tilde{\sigma}, \tilde{\tau}) - \tilde{\theta}_4(c^{II}, \tilde{\sigma}, \tilde{\tau})].$$

где:  $c^I = 1/2$ ,  $c^{II} = (1+k^{-2})/2$ ;  $\{\sigma_T, \tau_T\}$  - точные собственные значения двухпараметрической задачи Штурма-Лиувилля;  $\{\tilde{\sigma}, \tilde{\tau}\}$  – значения, приближение к точным.

Соотношения позволяют заключить искомое собственные значения в прямоугольник и искать все более точные приближения к собственным значениям методом разрезания получаемых прямоугольников и отсечения тех из них, в которых заведомо не лежит искомое собственное значение.

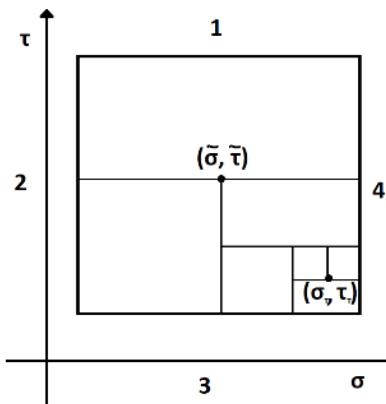


Рисунок 12 - Поиск точных собственных значений

Найдя в какой из областей прямоугольника, лежит точное собственное значение  $\{\sigma_T, \tau_T\}$ . Зажимаем его, отсекая «ненужную» половину. Центр оставшегося прямоугольника используем как следующее приближение к точным  $\{\tilde{\sigma}, \tilde{\tau}\}$ . Делаем это до тех пор, пока не добьёмся желаемой точности.

Чтобы вычислить нормированные угловые волновые эллипсоидальные функции вводим вспомогательные функции  $\varphi(\xi)$ ,  $\gamma(\xi)$ .

где:  $\varphi(\xi)$  - решение задачи Коши:

$$\varphi' = \frac{v^2(\xi)}{f^{\frac{1}{2}}(\xi)} \cos^2 \varphi + \frac{q(\xi) \sin^2 \varphi}{4v^2(\xi)f^{\frac{1}{2}}(\xi)} + \frac{v'(\xi)}{v(\xi)} \sin(2\varphi), \quad 0 < \xi < 1,$$

$$\varphi(1/2) = \theta(1/2) + \frac{\pi}{2};$$

$$\varphi' = \frac{v^2(\xi)}{[-f(\xi)]^{1/2}} \cos^2 \varphi - \frac{q(\xi) \sin^2 \varphi}{4v^2(\xi)[-f(\xi)]^{1/2}} + \frac{v'(\xi)}{v(\xi)} \sin(2\varphi), \quad 1 < \xi < k^{-2},$$

$$\varphi((1+k^{-2})/2) = \theta((1+k^{-2})/2) + \frac{\pi}{2}$$

$\gamma(\xi)$ - удовлетворяет уравнениям:

$$\gamma' = \left\{ \left( \frac{q(\xi)}{4v^2(\xi)f^{\frac{1}{2}}(\xi)} - \frac{v^2(\xi)}{f^{\frac{1}{2}}(\xi)} \right) \frac{\sin[2\varphi(\xi)]}{2} + \frac{v'(\xi)}{v(\xi)} \cos[2\varphi(\xi)] \right\} \gamma, \quad 0 < \xi < 1,$$

$$\gamma' = \left\{ \left( \frac{-q(\xi)}{4v^2(\xi)[-f(\xi)]^{1/2}} - \frac{v^2(\xi)}{[-f(\xi)]^{1/2}} \right) \frac{\sin[2\varphi(\xi)]}{2} + \frac{v'(\xi)}{v(\xi)} \cos[2\varphi(\xi)] \right\} \gamma, \quad 1 < \xi < k^{-2}.$$

Собственные функции находятся из систем алгебраических уравнений с использованием вспомогательных функций:

$$\Lambda(\xi) = -\frac{\gamma(\xi) \sin \theta(\xi)}{v(\xi) \sin[\theta(\xi) - \varphi(\xi)]}, \quad 0 \leq \xi \leq k^{-2},$$

$$f^{1/2}(\xi)\Lambda'(\xi) = -v(\xi)\gamma(\xi) \cos \theta(\xi) \sin^{-1}[\theta(\xi) - \varphi(\xi)], \quad 0 \leq \xi \leq 1,$$

$$[-f(\xi)]^{1/2}(\xi)\Lambda'(\xi) = -v(\xi)\gamma(\xi) \cos \theta(\xi) \sin^{-1}[\theta(\xi) - \varphi(\xi)], \quad 1 \leq \xi \leq k^{-2}.$$

Нормированные собственные функции:

$$\Lambda(\xi) = \begin{cases} a^I \Lambda^I(\xi), & 0 \leq \xi \leq 1, \\ a^{II} \Lambda^{II}(\xi), & 1 \leq \xi \leq k^{-2}, \end{cases}$$

Здесь  $a^I$ ,  $a^{II}$  - нормирующие множители, такие что функция удовлетворяет условию нормировки и условию непрерывной дифференцируемости в точке  $\xi = 1$ .

Ведем вспомогательные функции  $H_i^I$ ,  $H_i^{II}$ , такие что:

$$(H_i^I)' = 2 \left[ \left( \frac{q(\xi)}{4v^2(\xi)f^2(\xi)} - \frac{v^2(\xi)}{f^2(\xi)} \right) \frac{\sin[2\theta(\xi)]}{2} \right] H + \frac{\xi^i \sin^2 \theta(\xi)}{v^2(\xi)f^2(\xi)}, \quad 0 < \xi < 1,$$

$$(H_i^{II})' = 2 \left[ \left( \frac{-q(\xi)}{4v^2(\xi)[-f(\xi)]^{1/2}} - \frac{v^2(\xi)}{[-f(\xi)]^{1/2}} \right) \frac{\sin[2\theta(\xi)]}{2} \right] H + \frac{\xi^i \sin^2 \theta(\xi)}{v^2(\xi)[-f(\xi)]^{1/2}}, \quad 1 < \xi < k^{-2}.$$

Границные условия:

$$\lim_{\xi \rightarrow +0} H_i^I(\xi, 0) = 0,$$

$$\lim_{\xi \rightarrow 1-0} H_i^I(\xi, 1) = 0,$$

$$\lim_{\xi \rightarrow k^{-2}-0} H_i^{II}(\xi, k^{-2}) = 0.$$

Откуда  $\gamma(\xi)$  в точках  $c^I=1/2$ ,  $c^{II}=(1+k^{-2})/2$ .

$$\gamma_0^I = \gamma(1/2) = [H_0^I(1/2, 0) - H_0^I(1/2, 1)]^{-\frac{1}{2}}$$

$$\gamma_0^{II} = \gamma((1+k^{-2})/2) = [H_0^{II}((1+k^{-2})/2, 1) - H_0^{II}((1+k^{-2})/2, k^{-2})]^{-\frac{1}{2}}$$

Формулы для вычисления интегралов  $I_2(\Lambda^I)$ ,  $J_2(\Lambda^{II})$ :

$$I_2(\Lambda^I) = \frac{H_1^I(1/2, 0) - H_1^I(1/2, 1)}{H_0^I(1/2, 0) - H_0^I(1/2, 1)}$$

$$J_2(\Lambda^{II}) = \frac{H_1^{II}((1+k^{-2})/2, 1) - H_1^{II}((1+k^{-2})/2, k^{-2})}{H_0^{II}((1+k^{-2})/2, 1) - H_0^{II}((1+k^{-2})/2, k^{-2})}$$

Нормирующие множители -  $a^I$ ,  $a^{II}$ .

При  $i_2 = 1$ :

$$a^I = \left| \left\{ [-f(\xi)]^{\frac{1}{2}} \frac{d}{d\xi} \Lambda^{II}(\xi) \right\}_{\xi=1+0} \left[ f^{\frac{1}{2}}(\xi) \frac{d}{d\xi} \Lambda^I(\xi) \right]_{s=1-0}^{-1} \right|^{\frac{1}{2}} C,$$

$$a^{II} = (a^I)^{-1} C^2 \operatorname{sign} \left\{ \left[ [-f(\xi)]^{\frac{1}{2}} \frac{d}{d\xi} \Lambda^{II}(\xi) \right]_{\xi=1+0} \left[ f^{\frac{1}{2}}(s) \frac{d}{ds} \Lambda^I(s) \right]_{s=1-0} \right\},$$

При  $i_2 = 0$ :

$$a^I = \left| \frac{\Lambda^{II}(1+0)}{\Lambda^I(1-0)} \right|^{\frac{1}{2}} C,,$$

$$a^{II} = (a^I)^{-1} C^2 \operatorname{sign} [\Lambda^{II}(1+0) \Lambda^I(1-0)],$$

Здесь

$$C = [J_2(\Lambda^{II}) - I_2(\Lambda^I)]^{-\frac{1}{4}}.$$

В качестве среды численной реализации решения задачи был выбран MATLAB.

### Список литературы

- Абрамов, А.А. Вычисление угловых волновых функций Ламе решением вспомогательных дифференциальных уравнений / А.А. Абрамов, А.Л. Дышко, Н.Б. Конюхова, Т.В. Левитина // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. – 1989. – Т. 29. – № 6. – С. 813–883.
- Комаров, И.В. Сфериодальные и кулоновские сфероидальные функции / И.В. Комаров, Л.И. Пономарев, С.Ю. Славянов // М.: Наука – 1976. – 320 с.

Лютарь В.П., Глущенко С.Д.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА КИСЛОРОДА В ТКАНЯХ МОЗГА

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель - д.ф.-м.н., профессор А.Е. Ковтанюк

Главным требованием нормального функционирования мозга является его достаточное снабжение кислородом. Недостаток кислорода провоцирует повреждение и гибель его клеток, потому необходимо понимать все факторы, влияющие на перенос кислорода в тканях мозга. Математическое моделирование может помочь в анализе причин нарушений в снабжении кислородом клеток головного мозга для предотвращения их гибели.

В качестве математической модели рассматривается система параболических уравнений [1]:

$$\partial_t \varphi - \alpha \Delta \varphi + \nu \cdot \nabla \varphi = G, \quad (1)$$

$$\partial_t \theta - \beta \Delta \theta = -\kappa G - \mu. \quad (2)$$

Уравнение (1) моделирует процесс конвекции и распространение кислорода в крови, уравнение (2) описывает процесс диффузии и потребления кислорода в тканях мозга. Здесь  $\varphi$  и  $\theta$  – концентрации кислорода в крови и ткани, соответственно,  $\partial_t$  – частная производная по времени,  $\nu$  – поле скоростей, которое находится как решение системы Стокса, нелинейный член  $G = a(\theta - \psi)$  описывает обмен кислородом между кровью и тканью, где  $\psi = g(\varphi)$  – концентрация кислорода в плазме [1],  $a$  – положительный параметр, нелинейный член  $\mu(\theta)$  описывает потребление кислорода тканями [1],  $\kappa = \sigma/(1 - \sigma)$ , где  $\sigma$  – объёмная доля сосудов.

Уравнения (1) и (2) дополним следующим граничными и начальными условиями:

$$\alpha \partial_n \varphi + \gamma(\varphi - \varphi_b)|_{\Gamma} = 0, \quad (3)$$

$$\beta \partial_n \theta + \delta(\theta - g(\varphi_b))|_{\Gamma} = 0, \quad (4)$$

$$\varphi|_{t=0} = \varphi_0, \quad \theta|_{t=0} = \theta_0. \quad (5)$$

Здесь  $\partial_n$  – производная в направлении внешней нормали к границе области  $\Gamma = \partial\Omega$ .

Модель (1) – (5) является гомогенизированной, то есть, считается, что кровь и ткань заполняют одну и ту же область. При помощи данной модели можно моделировать нестационарный процесс переноса кислорода в тканях мозга, оценивать скорость насыщения тканей кислородом после гипоксии.

Был разработан вычислительный алгоритм решения задачи (1) – (5), его программная реализация выполнена в пакете FreeFEM++ (<https://freefem.org/>). Проведён численный эксперимент по моделированию изменения концентрации кислорода в тканях мозга после гипоксии. В качестве вычислительной области был выбран квадрат со стороной 1.4 мм, содержащий 8 отверстий, интерпретируемых как концы артериол и венул. Коэффициенты задачи взяты из работы [1]. Функция  $g(\psi)$  была заменена линейной аппроксимацией.

В проведенном вычислительном эксперименте содержание кислорода в ткани, в начальный момент времени, соответствовало состоянию гипоксии (рисунок 1 (а)).

В результате поступления на концы артериол достаточного количества кислорода насыщение ткани кислородом и стабилизация его уровня было достигнуто через 6 – 7 секунд (рисунок 1 (б)). Представленный эксперимент демонстрирует возможность оценки скорости насыщения ткани кислородом на основе модели (1) – (5).

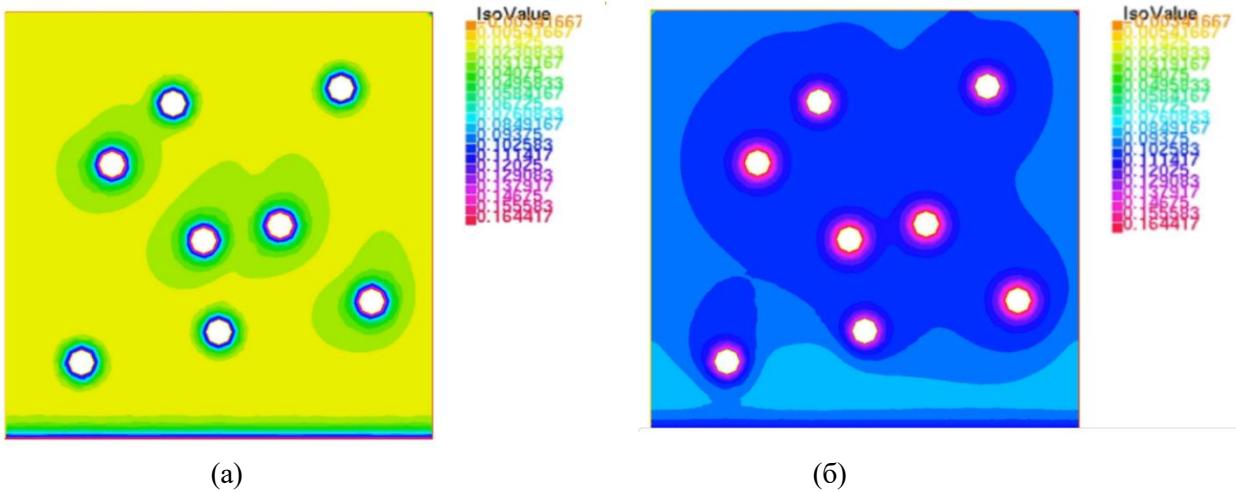


Рисунок 1 – Концентрация кислорода в тканях в начальный момент времени (а) и спустя 7 секунд (б)

*Список литературы*

1. Kovtanyuk A.E. Nonstationary model of oxygen transport in brain tissue / A.E. Kovtanyuk, A.Y. Chebotarev, N.D. Botkin, V.L. Turova, I.N. Sidorenko, R. Lampe // Comput Math Methods Med. – 2020. – V. 2020. – 4861654.

---

Рыжая А. Д.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КИСЛОРОДА В ТКАНЯХ**

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор А. Е. Kovtanюк

Моделирование распространения кислорода в ткани мозга является важным для предсказания ситуаций, связанных с кислородным голоданием, следствием которого может являться инсульт, проблемы с дыханием, нарушение двигательных и когнитивных функций.

Работа направлена на изучение процесса переноса кислорода в модельной области, включающей капилляр и окружающую его ткань, оценку влияния различных параметров на насыщение ткани кислородом и исследование факторов риска, приводящих к гипоксии.

Модель учитывает конвекцию кислорода в крови, его диффузационный перенос через стенку капилляра, а также диффузию и потребление кислорода тканью.

На рисунке 1 показана модельная область  $\Omega$  в цилиндрической системе координат с учетом осевой симметрии и основные явления, описываемые моделью: прохождение кислорода через стенку капилляра, диффузия и потребление кислорода тканями. Здесь  $r$  – радиус капилляра,  $L$  – его длина,  $\Gamma_1$  – внешняя стенка капилляра.

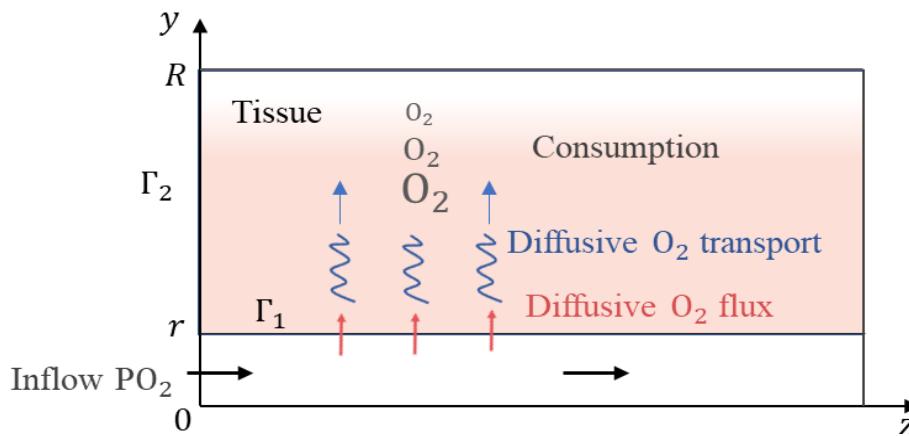


Рисунок 1 – Вычислительная область в цилиндрических координатах с учетом осевой симметрии.

Распространение кислорода в области  $\Omega$  будем описывать краевой задачей для нелинейного уравнения диффузии (1) с краевыми условиями (2):

$$-k\Delta p + M(p) = 0, \quad x \in \Omega, \quad (1)$$

$$\partial_n p|_{\Gamma_1} = p_c(z) - \gamma q(z), \quad z \in (0, L); \quad \partial_n p|_{\Gamma_2} = 0, \quad (2)$$

где  $p$  и  $p_c$  – парциальное давление в тканях и микрососуде соответственно,  $k$  – коэффициент диффузии,  $\gamma$  – внутрисосудистое сопротивление радиальной диффузии кислорода.

Нелинейный член  $M(p)$  описывает скорость потребления кислорода,  $q(z)$  – скорость поступления кислорода на единицу длины сосуда,  $f(t)$  описывает скорость конвективного переноса кислорода вдоль сосуда,

$$M(t) = \frac{M_0 t}{t + p_0}, \quad q(z) = kr \int_0^{2\pi} \partial_n p|_{\Gamma_2} d\theta, \quad f(t) = at + \frac{bt^3}{t^3 + c}, \quad (3)$$

$$-\frac{d(f(p_c(z)))}{dz} = q(z), \quad p(0) = p_+, \quad (4)$$

Здесь  $a = \alpha Q$ ,  $b = C_0 HQ$ ,  $Q$  – скорость потока крови,  $H$  – значение гематокрита,  $M_0$ ,  $p_0$ ,  $c$ ,  $\alpha$ ,  $C_0$  – заданные положительные константы.

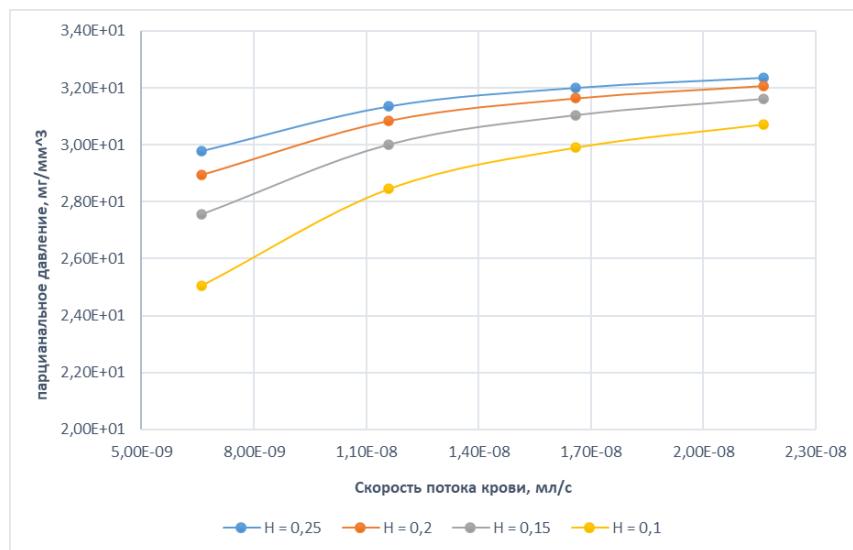


Рисунок 2 – График зависимости парциального давления от гематокрита и скорости потока крови

Был разработан и реализован вычислительный алгоритм решения задачи (1) – (4) на основе метода конечных элементов. Программная реализация алгоритма проведена в пакете FreeFEM ++ (<https://freefem.org/>). Зависимость минимального парциального давления кислорода в ткани от уровня

гематокрита и величины потока демонстрируется на рисунке 2. Приведенные результаты соответствуют следующим параметрам задачи  $L = 60\mu\text{m}$ ,  $R = 30\mu\text{m}$ ,  $r = 3 \mu\text{m}$ ,  $p_+ = 50 \text{ mmHg}$ .

Как видно из рисунка 2, уменьшение уровня гематокрита и скорости потока ведет к уменьшению парциального давления кислорода в ткани.

### *Список литературы*

1. Kovtanyuk, A. Mathematical modeling of cerebral oxygen transport from capillaries to tissue / A. Kovtanyuk, A. Chebotarev, R. Lampea // Frontiers in Applied Mathematics and Statistics. – 2023. – V. 9. – 1257066.

Смагина Е.Г.

## **МАТРИЧНАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАСЕЛЕНИЯ РОССИИ**

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор А.И. Абакумов

Матричные модели, описывающие динамику структурированных популяций за дискретное время, широко применяются в демографии, а их асимптотические свойства используются в прогнозировании распределения населения по заранее выделенным характеристикам.

Система уравнений при  $t = 1, 2, \dots$ , описывающая динамику половозрастной структуры популяции, может быть записана в виде  $x(t+1) = Lx(t)$  [2], где  $L$  – расширенная за счёт половой структуры матрица Лефковича размерности  $2n \times 2n$  (рисунок 1),  $x(t) = (x_1(t), \dots, x_n(t))^T$  – вектор-столбец, координатами которого являются численности всех возрастных групп, и называется моделью Лефковича. Свойства матрицы  $L$ : неотрицательная, разложимая.

$$L_{2n \times 2n} = \begin{pmatrix} p_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & b_1 & b_2 & b_3 & \cdots & b_{n-1} & b_n \\ s_1 & p_2 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & s_2 & p_3 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \ddots & p_{n-1} & 0 & 0 & 0 & 0 & \ddots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & s_{n-1} & p_n & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & b'_1 + p'_1 & b'_2 & b'_3 & \cdots & b'_{n-1} & b'_n \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & s'_1 & p'_2 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & s'_2 & p'_3 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \ddots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \ddots & p'_{n-1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & s'_{n-1} & p'_n \end{pmatrix}$$

Рисунок 1 – Матрица с половозрастной структурой

Матрицу  $L$  составляют:  $b_1, \dots, b_n$  – коэффициенты рождаемости мальчиков,  $p_1, \dots, p_n$  – доли мужчин, остающихся в данной возрастной группе;  $s_1, \dots, s_n$  – доли мужчин, переходящих в следующую возрастную группу;  $b'_1, \dots, b'_n$  – коэффициенты рождаемости девочек;  $p'_1, \dots, p'_n$  – доли женщин, остающихся в данной возрастной группе;  $s'_1, \dots, s'_n$  – доли женщин, переходящих в следующую возрастную группу.

Индикатором роста/равновесия/убыли модельной популяции выступает доминантное собственное число  $r$  матрицы  $L$  [2]. По теореме Перрона–Фробениуса для неотрицательных

разложимых матриц [1] существует собственный вектор  $x$ , соответствующий доминантному собственному значению  $r$ , которое описывает изменение численности населения:

- Если  $r < 1$ , численность населения убывает;
- Если  $r = 1$ , численность населения остается без изменений;
- Если  $r > 1$ , численность населения возрастает.

Независимо от начальной численности населения, в конечном итоге доля населения в каждой возрастной группе стабилизируется. Чтобы найти вектор «устойчивого состояния» системы, необходимо применить к собственному вектору ромбическую норму, то есть разделить каждую из его компонент на их сумму.

С помощью данных Росстата за 2012-2022 гг. [3] была построена матрица Лефковича для населения России, распределённого на 15 возрастных групп и по полу. Всё население делится на пятилетние группы, кроме последней – 70 и более лет.

Вычислив её собственные значения, среди которых доминантное число  $r = 0,993 < 1$ , было установлено, что численность населения будет снижаться на 0,7 % ежегодно в среднем.

Были введены функции корректировки младенческой выживаемости мальчиков и девочек, а также рождаемости, которые были найдены благодаря итерационному методу «BFGS», минимизирующему нормы  $\|x_{t+1} - Lx_t\|$  за время  $t = 2012, \dots, 2021$ . Для минимизирующей функции рождаемости был построен график (рисунок 2).

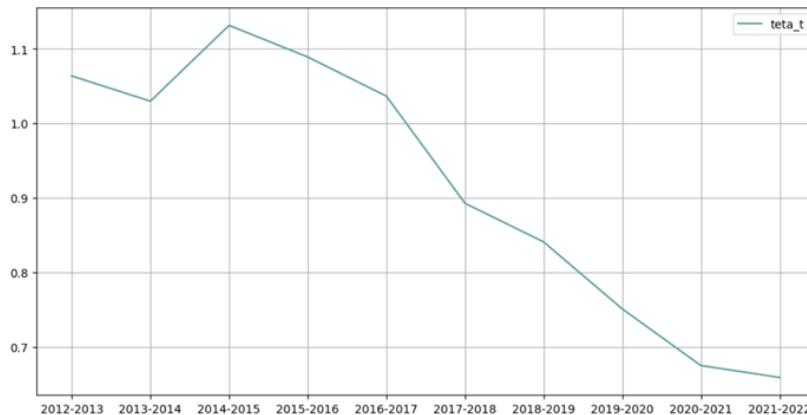


Рисунок 2 – график функции, корректирующей рождаемость

Максимальное собственное число  $r = 0,997$  получено для матрицы  $L$  при множителе рождаемости 1,136 для года  $t = 2014$ .

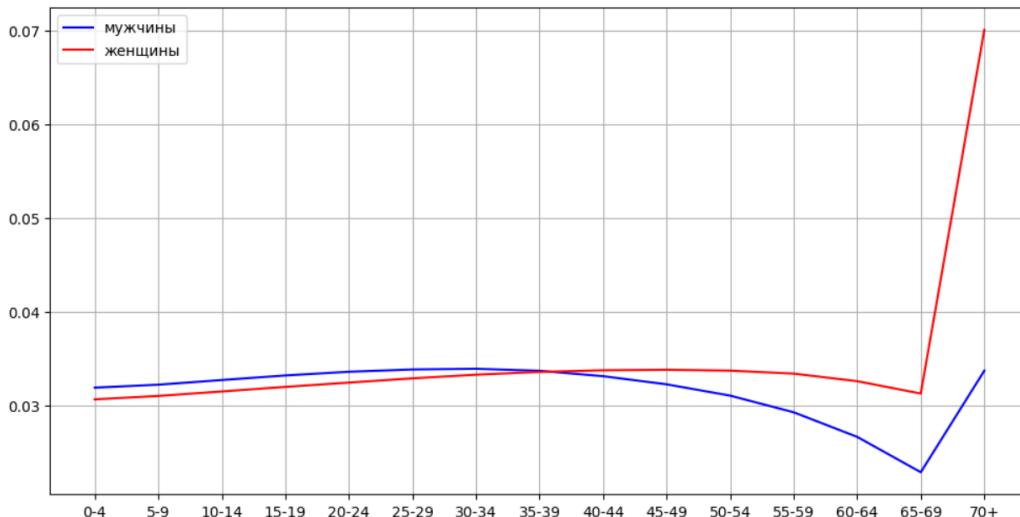


Рисунок 3 – возрастной состав в долях на основе собственного вектора доминантного собственного числа

*Список литературы*

1. Гантмахер, Ф.Р. Теория матриц / Ф.Р. Гантмахер // М.: Наука – 1967. – С. 365.
2. Логофет, Д.О. Матричные модели в популяционной биологии: учебное пособие / Д.О. Логофет, Н.Г. Уланова // М.: МАКС Пресс, 2017. – 128 с.
3. Федеральная служба государственной статистики РФ. [Электронный источник] – URL: <http://rosstat.gov.ru/>

---

Блохина В. Д., Грузков Б.А., Загибин А. А., Коваль И. Е., Земсков С. М., Кириенко Д. О.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРИВЕННОЙ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ**

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Ковтанюк А. Е.

Варикозное расширение вен – одно из наиболее часто встречающихся заболеваний. По имеющимся данным, его распространенность во всем мире колеблется от 10% до 30%. Большинство случаев заболевания зарегистрировано в промышленно развитых странах. По статистике Всемирной организации здравоохранения, каждый 5-й человек в мире сталкивается с заболеваниями вен, а в России варикоз диагностирован примерно у 38 млн жителей.

Внутривенная лазерная абляция (ВВЛА) – это процедура, используемая для лечения варикозного расширения вен. Во время процедуры в пораженную вену вводится тонкий лазерный световод. Оптоволокно вытягивается из вены и одновременно по нему передается излучение. Наконечник волокна, испускающий излучение, обычно покрыт карбонизированным слоем, который разделяет лазерную энергию таким образом, что часть энергии поглощается карбонизированным слоем с выделением тепла, а другая часть расходуется на излучение. Тепло от нагретого карбонизированного слоя передается в кровь посредством кондуктивного теплообмена. Теплообмен многократно усиливается за счет потока пузырьков, образующихся на разогретом торце оптоволокна. Излучение, поступающее в кровь и окружающую ткань, частично поглощается, что сопровождается выделением тепла. В итоге образованная и поступившая за счет различных механизмов тепловая энергия вызывает значительный нагрев вены, что приводит к ее облитерации.

Для моделирования процесса внутривенной лазерной абляции мы используем диффузационную модель, учитывающую кондуктивный теплообмен, передачу излучения и тепла от движущегося источника и поглощение излучения с выделением тепла. Схема расчетной области в цилиндрической системе координат (с учетом осевой симметрии) представлена на рисунке 1.

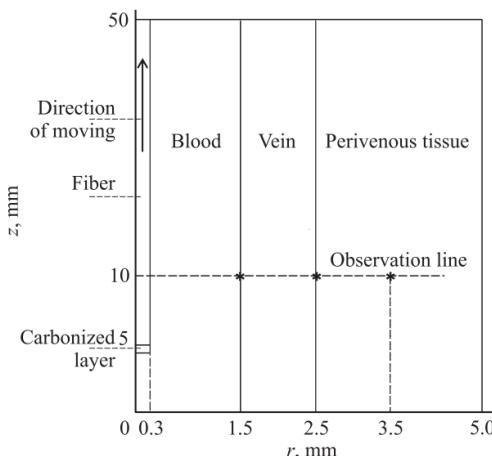


Рисунок 1 – схема расчетной области в цилиндрических координатах при угловой симметрии.

На рисунке отмечены точки наблюдения и начальное положение оптоволокна. Толщина карбонизированного слоя 0.2 мм.

Процесс ВВЛА описывается следующим уравнением теплопроводности [1]:

$$\rho c_p \theta_t - \nabla \cdot (k \nabla \theta) = \mu_a \varphi + P_\theta \chi V^{-1}. \quad (1)$$

Здесь  $\theta(x, t)$  – температура,  $\varphi(x, t)$  – интенсивность излучения,  $\alpha(x)$  – коэффициент диффузии фотонов,  $\alpha = 1/3(\mu'_s + \mu_a)$ ,  $\mu_a$  – коэффициент поглощения,  $\mu'_s$  – приведенный коэффициент рассеяния,  $k$  – коэффициент теплопроводности,  $c_p(x, t)$  – удельная теплоемкость,  $\rho(x, t)$  – плотность,  $V$  – объем наконечника (карбонизированного слоя) оптоволокна,  $P_\theta$  – мощность источника, идущая на нагрев наконечника оптоволокна. Уравнение (1) описывает кондуктивный перенос тепла с учетом тепла, поступающего от энергии поглощенного излучения ( $\mu_a \varphi$ ), и тепла, выделяемого нагретым наконечником оптоволокна ( $P_\theta \chi V^{-1}$ ).

Интенсивность излучения  $\varphi$  вычисляется по формуле для интенсивности поля точечного источника в бесконечной однородной среде:

$$\varphi(r, z) = \frac{P_\varphi \exp(-\mu_e d(r, z))}{4\pi\alpha d(r, z)}.$$

здесь:  $P_\varphi$  – это мощность источника, идущая на излучение.  $\mu_e$  – эффективный коэффициент поглощения среды. Он зависит от коэффициента поглощения  $\mu_a$  и коэффициента диффузии фотонов  $\alpha$  по формуле  $\mu_e = \sqrt{\mu_a / \alpha}$ , где  $d(r, z)$  – функция, описывающая расстояние между точкой  $(r, z)$  и точкой, в которой находится источник излучения.

Передача тепла потоком пузырьков, образующихся на наконечнике оптоволокна, вносит значительный вклад в температурное поле. Она моделируется использованием кусочно-постоянного коэффициента теплопроводности,  $k = k(\theta)$ , который зависит от температуры следующим образом: когда температура в точках крови достигает 95°C, коэффициент теплопроводности увеличивается в 200 раз [2].

Уравнение (1) дополняем следующими граничным и начальным условиями:

$$k \partial_n \theta + \gamma(\theta - \theta_b)|_G = 0, \quad \theta(x, 0) = \theta_0. \quad (2)$$

Для построения вычислительного алгоритма перейдем к слабой формулировке задачи. Для этого предварительно дискретизируем интервал времени наблюдения:

$$t_k = k\tau, \quad k = 0, 1, 2, \dots, n, \quad \theta_k = \theta(t_k).$$

Заменим производную по времени ее разностной аппроксимацией:

$$\partial_t \theta(t_k) = (\theta_k - \theta_{k-1})/\tau. \quad (3)$$

Далее, умножив полученное уравнение на тестовую функцию  $v$ , принадлежащую пространству Соболева  $H^1$ , проинтегрировав по расчетной области и применив формулу интегрирования по частям, получим следующее уравнение для нахождения температурного поля в момент времени  $t = t_k$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$ :

$$(\partial_t \theta(t_k), v) + \tau(k(\theta_{k-1}) \nabla \theta_k, \nabla v) + \tau \int_G \gamma(\theta_k - \theta_b) dx = \tau(\mu_a \varphi_k, v) + \tau(P_\theta \chi V^{-1}, v),$$

где:  $\partial_t \theta(t_k)$  рассчитывается по формуле (3).

Моделирование температурного поля осуществлялось в пакете FreeFem++ (<https://freefem.org/>) с помощью метода конечных элементов, примененного к слабой формулировке задачи. На рисунке 2 представлено поведение температурных профилей в точках наблюдения (1.5, 10), (2.5, 10) и (3.5, 10) при излучении со следующим распределением мощности источника:  $(P_\varphi, P_\theta) = (7, 3)$  (мощность дается в Ваттах). Точки наблюдения находятся на внутренней стенке вены, на внешней стенке вены и в

перивенозной ткани (см. рисунок 1). Радиационные характеристики среды соответствуют длине волны лазерного излучения 810 нм [1]. Как видно из графиков уровень температуры внутри вены является достаточным для ее облитерации, с другой стороны, полученное температурное поле является безопасным для окружающей ткани [2].

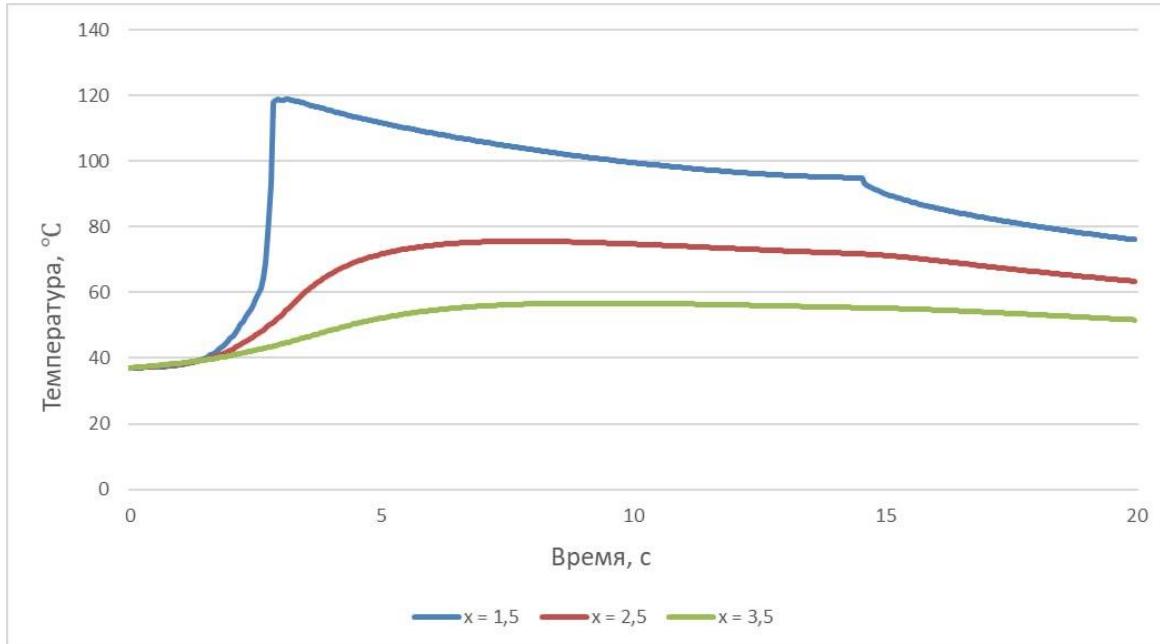


Рисунок 2 – Температурные профили в точках наблюдения:  
(1.5, 10) – внутренняя стенка вены (голубая линия); (2.5, 10) – внешняя стенка вены (красная линия);  
(3.5, 10) – перивенозная ткань (зелёная линия)

#### Список литературы

1. Ковтанюк, А. Оптимальное управление внутривенной лазерной абляции. / А. Ковтанюк, А. Чеботарев, А. Астраханцева, А. Сущенко // Оптика и спектроскопия. – 2022. – Т. 128. – С. 1396 – 1404.
2. Poluektova, A. Some controversies in endovenous laser ablation of varicose veins addressed by optical-thermal mathematical modeling. / A. Poluektova, W. Malskat, M van Gemert, M. Vuylsteke, C. Bruijninckx, H. Neumann, C. van der Geld // Lasers Med. Sci. – 2014. – V. 29. – P. 441 – 452.

---

Кузьмин З.Д.

#### ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ РАКА ШЕЙКИ МАТКИ НА ОСНОВЕ ЦИТОКИНОВОГО ПРОФИЛЯ ПАЦИЕНТА

Научный руководитель - канд. физ.-мат. наук Яковлев А.А.

Дальневосточный федеральный университет

**Введение.** Вирус папилломы человека (ВПЧ) — распространенная инфекция, передающаяся половым путем, способная бессимптомно существовать в организме и вызывать рак шейки матки. Этот вирус особенно опасен из-за своей онкогенной способности и влияния на репродуктивную систему [1, 2, 3]. Ранняя диагностика рака шейки матки важна для эффективного лечения, но традиционные методы часто не раскрывают сложных взаимосвязей между уровнями цитокинов и заболеванием. Современные исследования указывают, что цитокины могут быть потенциальными

биомаркерами для диагностики, хотя данные о их изменениях неоднозначны [4, 5, 6]. В работе исследуется применение нейронных сетей для анализа цитокинового профиля и прогнозирования рака.

Цель: разработать нейронную сеть для оценки состояния пациентов при подозрении на ВПЧ.

Задачи. Провести предмодельный анализ данных цитокинового профиля пациенток, полученного в ходе обследования. Проанализировать существующие нейронные сети. Обучить выбранную нейронную сеть распознавать наличие или отсутствия у пациента рака шейки матки. Оценить качество прогнозирования полученной нейронной сети для указанного выше заболевания.

Материалы и методы. Исследование охватило 111 женщин от 18 до 70 лет. Проанализированы данные клинико-лабораторных исследований цитокинового профиля пациенток. Оценивался локальный уровень концентрации цитокинов IL-1, TNF- $\alpha$ , IL-6, IL-10, IL-18, IL-8, VEGF, TGF- $\beta$ . Исследуемые были разделены на 5 групп: контрольную т.е. здоровые и 4 с наличием ВПЧ в зависимости от тяжести заболевания и степени поражения. С помощью критерия Шапиро-Уилка [7] было выявлено, что уровни цитокинов не следуют нормальному закону распределения. При помощи критерия Манна-Уитни [8] анализируются различия в концентрациях цитокинов между указанными выше группами пациентов. Проведённый анализ показал, что с помощью стандартных статистических методов невозможно выявить четкие закономерности между цитокинами. Было принято решение применить нейронные сети для анализа данных. Для начала работы с нейронными сетями данные были нормализованы. Дополнительно вместо изначального деления на 5 групп по результатам исследования было решено использовать только две категории: условно здоровая, онкологическая группы. Для решения задачи классификации было проведено сравнение различных нейронных сетей, таких как: Random Forest Classifier, Support Vector Classifier, MLP Classifier, Decision Tree Classifier, Decision Tree Classifier. Результаты показали, что наилучшей производительностью обладает MLP Classifier. Архитектура данной нейронной сети представлена на рис. 1.

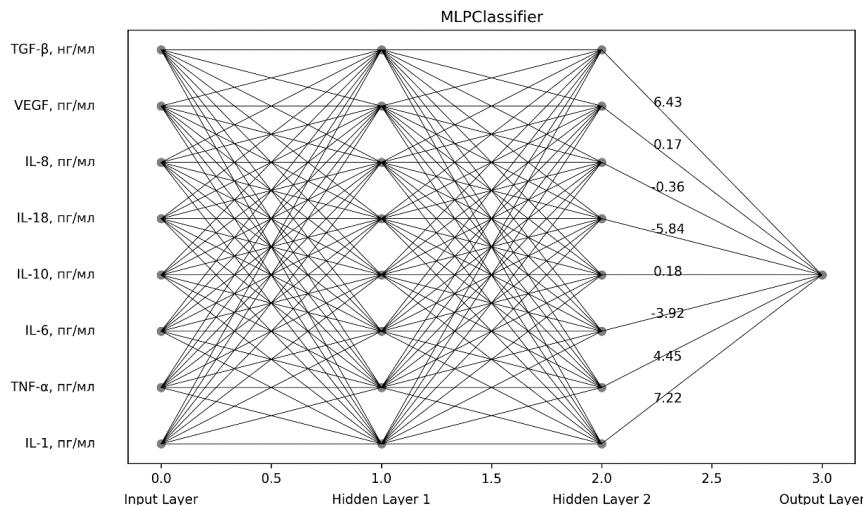


Рисунок 1 – Архитектура нейронной сети MLP Classifier.

Разработана модель нейронной сети с оптимизированными параметрами, демонстрирующая высокую точность в идентификации пациенток с онкологическими заболеваниями на основе анализа цитокинового профиля.

Результаты. Результаты моделирования были собраны в матрицу неточностей [9], представленную на рис. 2.

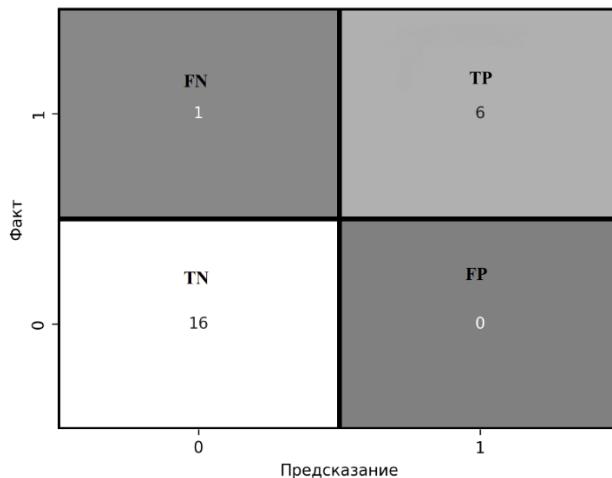


Рис. 2. Матрица неточностей.

В полученной матрице введены следующие обозначения:

- True Positive (TP): 6 (верно предсказанных больных);
- True Negative (TN): 16 (верно предсказанных здоровых);
- False Positive (FP): 0 (ложноположительных предсказаний);
- False Negative (FN): 1 (ложноотрицательных предсказаний).

По полученным результатам была рассчитана модельная производительность разработанной нейронной сети:

- Точность (Accuracy): 97,5%;
- Чувствительность (Sensitivity): 85,7%;
- Специфичность (Specificity): 100%.

Ложноотрицательные предсказания: модель совершила 1 ложноотрицательное предсказание, то есть ошиблась, считая одного больного здоровым.

Выводы. Короткий ряд данных, всего 111 пациентов, конечно, повлиял на результаты моделирования, но полученная матрица неточностей показывает верно выбранное направление в применении нейронных сетей для ранней диагностики онкологических заболеваний. Использование современных методов машинного обучения представляется перспективным подходом для обнаружения скрытых паттернов и выявления непрямых связей в данных.

#### Список литературы

1. Кузьмин, З. Д. Применение нейронной сети для ранней диагностики рака шейки матки на основе цитокинового профиля пациента / З. Д. Кузьмин, А. А. Яковлев // Информатика и системы управления. – 2024. – № 1(79). – С. 35-45.
2. Всемирная организация здравоохранения: [сайт]. – URL : <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/cervical-cancer> (дата обращения 20.03.2024.).
3. Бахтияров, К. Р. Вирус папилломы человека – современный взгляд на проблему / К. Р. Бахтияров, А. С. Щукина // Здоровье и образование в XXI веке. – 2017. – Т. 19. – № 12. – С. 37-42.
4. Цитокины как индикаторы состояния организма при инфекционных заболеваниях. Анализ экспериментальных данных / А. А. Яковлев, А. И. Абакумов, А. В. Костюшко, Е. В. Маркелова // Компьютерные исследования и моделирование. – 2020. – Т. 12. – № 6. – С. 1409-1426.
5. Цитокиновый статус доноров крови и её компонентов / Г. А. Зайцева, О. А. Вершинина, О. И. Матрохина [и др.]. // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 3. – С. 61-65.

6. Кенбаева, Д. К. Особенности цитокиновой регуляции у больных злокачественными новообразованиями шейки матки и влияние противоопухолевой терапии / Д. К. Кенбаева, З. А. Манамбаева // ОНКОЛОГИЯ. ЖУРНАЛ им. П.А. ГЕРЦЕНА. – 2013. – № 1. – С. 17-20.

7. Критерии нормальности // Wikipedia: [сайт]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Критерии\\_нормальности](https://ru.wikipedia.org/wiki/Критерии_нормальности) (дата обращения 20.03.2024.).

8. Критерий Манна-Уитни // Wikipedia: [сайт]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/У-критерий\\_Манна-Уитни](https://ru.wikipedia.org/wiki/У-критерий_Манна-Уитни) (дата обращения 20.03.2024.).

9. Confusion matrix // Машинное обучение вики: [сайт]. – URL: [https://learnmachinelearning.fandom.com/ru/wiki/Confusion\\_matrix](https://learnmachinelearning.fandom.com/ru/wiki/Confusion_matrix) (дата обращения 20.03.2024.).

---

Глобин Д.А., Шкуратова Д.В.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИНИЙ РАЗРЫВА КОЭФФИЦИЕНТА ОСЛАБЛЕНИЯ МЕТОДАМИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель - д.ф.-м.н., профессор И.В. Прохоров

Стационарный процесс распространения рентгеновского излучения в нерассеивающей среде  $G$ , заполняющей круг радиуса  $a$ , описывается уравнением переноса излучения [1,2]

$$\omega \cdot \nabla_r I(r, \omega) + \mu(r)I(r, \omega) = 0 \quad (1)$$

и краевым условием на границе области  $G$

$$I(r - d(r, -\omega)\omega, \omega) = h(r - d(r, -\omega)\omega, \omega). \quad (2)$$

Функция  $I(r, \omega)$  в уравнении (1) интерпретируется как плотность потока излучения в точке  $r \in G = \{r \in R^2, |r| < a\}$  в направлении единичного вектора  $\omega \in \Omega = \{\omega \in R^2, |\omega| = 1\}$ , функция  $\mu$  называется коэффициентом ослабления излучения,  $d(r, \omega)$  – расстояние от точки  $r$  до границы области  $G$  в направлении вектора  $\omega$ . Функция  $h$  описывает плотность потока излучения входящего в область  $G$ . Прямая задача для уравнения (1) заключается в определении функции  $I$  в области  $G$  из уравнения (1) и граничного условия (2) при заданных функциях  $\mu$  и  $h$  [1].

Для описания неоднородности среды введем разбиение  $G_0 = G_1 \cup \dots \cup G_p$  области  $G$  на конечное число попарно непересекающихся подобластей  $G_i$ , так чтобы замыкание множества  $\overline{G}_0$  совпадало с замыканием области  $\overline{G}$ , ( $\overline{G}_0 = \overline{G}$ ). Области  $G_i$  заполнены некоторым веществом, характеризующееся коэффициентом ослабления излучения  $\mu_i$ . То есть функция  $\mu(r)$  постоянна в каждой области ( $\mu(r) = \mu_i, r \in G_i$ ), и при переходе через границу области  $G_i$  терпит разрыв первого рода. Поверхностей разрывов коэффициента ослабления  $\partial G_0 = \overline{G}_0 \setminus G_0$  являются границами раздела между различными материалами, входящими в состав неоднородной среды.

Обратная задача для уравнения (1), которая интерпретируется нами как задача компьютерной томографии, заключается в нахождении множества  $\partial G_0$  из (1), (2) и дополнительного условия

$$I(r + d(r, \omega)\omega, \omega) = H(r + d(r, \omega)\omega, \omega). \quad (3)$$

при заданных функциях  $H$  и  $h$ . С физической точки зрения задача состоит в определении поверхностей раздела сред по входящему в среду  $G$  и выходящему из среды потоку излучения [2]. Так как решение прямой задачи (1), (2) может быть выписано в явном виде, то из (1), (2), (3) вытекает следующее соотношение, связывающее функции  $\mu, h, H$  [1]:

$$\begin{aligned} H(r + d(r, \omega)\omega, \omega) \\ = h(r - d(r, -\omega)\omega, \omega) \exp\left(-\int_{-d(r, \omega)}^{d(r, \omega)} \mu(r + t\omega) dt\right). \end{aligned} \quad (4)$$

Из выражения (4) получаем

$$\int_{-d(r, \omega)}^{d(r, \omega)} \mu(r + t\omega) dt = \ln \frac{h(r - d(r, -\omega)\omega, \omega)}{H(r + d(r, \omega)\omega, \omega)}. \quad (5)$$

Рассматривая параллельную схему сканирования области  $G$ :  $r = \rho\omega_{\perp}(\varphi)$ ,  $\omega(\varphi) = (-\sin \varphi, \cos \varphi)$ ,  $\omega_{\perp}(\varphi) = (\cos \varphi, \sin \varphi)$ ,  $0 \leq \varphi \leq \pi$ ,  $-a \leq \rho \leq a$ ,

перепишем уравнение (5)

$$\int_{-\sqrt{a^2 - \rho^2}}^{\sqrt{a^2 - \rho^2}} \mu(\rho\omega_{\perp}(\varphi) + t\omega(\varphi)) dt = g(\rho, \varphi), \quad (6)$$

где: через функцию  $g(\rho, \varphi)$  обозначена правая часть соотношения (5). Левая часть равенства (6) представляет собой семейство всевозможных линейных интегралов вдоль прямых проходящих через область  $G$  и называется преобразованием Радона функции  $\mu$ . В настоящее время разработано достаточно большое множество алгоритмов обращения преобразования Радона [2,3]. Мы рассматриваем более простую задачу, когда требуется определить только линии разрыва функции  $\mu(r)$ . Для решения этой задачи можно использовать индикатор неоднородности среды следующего вида [1]

$$f(r) = \int_0^{\pi} |g_{\rho}(r \cdot \omega_{\perp}(\varphi), \varphi)| d\varphi \quad (7)$$

Индикаторная функция  $f(r)$  конечна всюду в  $G_0$  и при  $r \rightarrow r_0 \in \partial G_0$  неограниченно возрастает. При численных расчетах локализации линий разрыва осуществляется путем установления место положения точек, где функция  $f(r)$  принимает аномально большие значения (например, выше некоторого порогового).

При тестировании алгоритма созданы программа расчета преобразования Радона для широкого набора функций  $\mu(r)$ , программа вычисления индикаторной функции  $f(r)$  и ее визуализации.

Программа расчета преобразования Радона реализована с помощью языка программирования C++. Для оконных приложений использовался фреймворк. Исходными данными программы является файл со значениями преобразования Радона с заданным шагом дискретизации, а на выходе возвращается файл с двумерным массивом искомой функции. Кроме того, предусмотрены модули для визуализации томографических изображений и для получения синтезированных данных преобразования Радона.

Произведен численный анализ качества реконструкции неоднородной среды при различной дискретизации по переменным  $0 \leq \varphi \leq \pi$ ,  $-a \leq \rho \leq a$  и показано, что расчет индикаторной функции по формуле (7) более экономичен нежели вычисления функции  $\mu(r)$  по формуле обращения преобразования Радона [3].

#### Список литературы

1. Аниконов, Д.С. Использование уравнения переноса в томографии / Д.С. Аниконов, Д.С., Ковтанюк, А.Е., Прохоров, И.В. // М.: Логос – 2000.
2. Терещенко, С.А. Методы вычислительной томографии / С.А. Терещенко. // М.: ФИЗМАТЛИТ – 2004.
3. Наттерер, Ф. Математические аспекты компьютерной томографии /Ф. Наттерер. // М.: Мир – 1990.

Сказкин М.А., Луговой А.А.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ДВУМЕРНЫХ ЗАДАЧ ТЕПЛОВОЙ МАСКИРОВКИ

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Г.В. Алексеев

В последние годы большое внимание уделяется разработке технологий дизайна специальных функциональных устройств, служащих для управления потоками тепла. Одним из важнейших таких функциональных тепловых устройств является тепловая оболочка, представляющая собой область, топологически эквивалентную шаровому слою, заполненную неоднородной и анизотропной в общем случае средой. В зависимости от поставленной цели указанная тепловая оболочка может служить для тепловой маскировки любого объекта, помещенного внутрь ее, либо, наоборот, для концентрирования тепла в ее внутренности. О других возможных целях построения проектируемых тепловых оболочек можно прочитать, например, в [1].

Проектирование указанных функциональных устройств приводит к необходимости решения обратных задач для соответствующей модели теплопереноса. Указанные задачи заключаются в выборе параметров среды, заполняющей оболочку с заданной топологией, либо еще и нахождении формы оболочки, если она неизвестна, исходя из некоторой дополнительной информации о создаваемом тепловом поле, вытекающей из цели проектируемого устройства. В частности, при проектировании маскировочной оболочки роль указанной информации играет требование равенства нулю внешнего отклика теплового рассеяния, создаваемого маскируемым объектом вместе с маскировочной оболочкой, а также равенство нулю градиента температуры внутри ее. Наоборот, при проектировании теплового концентратора роль дополнительной информации играет требование фокусировки максимальной тепловой энергии внутри тепловой оболочки.

При некоторых упрощающих предположениях задачи дизайна функциональных тепловых устройств были рассмотрены в ряде работ (см., например, [1] и ссылки там). В этих работах роль указанных предположений обычно играет простая, топология внешне приложенного теплового поля, в котором требуется замаскировать объект. Как правило, указанные поля выбираются одномерными (с постоянными градиентами), создаваемыми, например, двумя нагретыми до разных постоянных значений температуры параллельными пластинами достаточно больших размеров. Предположенный в цитируемых работах метод дизайна тепловых устройств состоит из двух этапов. На первом этапе с помощью метода Фурье строится решение (точное или приближенное) соответствующей краевой задачи для рассматриваемой модели теплопереноса, зависящее от ряда физических параметров. Роль их обычно играют размеры оболочки и/или коэффициент теплопроводности (либо коэффициенты теплопроводности в случае анизотропной среды). На втором этапе искомый коэффициент теплопроводности определяется из условия, входящего в постановку обратной задачи. Далее полученное решение тестируется с помощью вычислительных экспериментов по решению прямой задачи теплопереноса, отвечающей найденному коэффициенту, либо сравнивается с результатами натурных экспериментов.

Подчеркнем, что этот метод применим лишь при выполнении жестких упрощающих предположений, обеспечивающих построение в явном виде приближенного или точного решения прямой задачи теплопереноса. В общем случае применение указанного метода является проблематичным. Поэтому в общем случае исследование указанных обратных задач возможно лишь с использованием эффективных численных алгоритмов, основанных на предварительном теоретическом

анализе соответствующих задач. Указанный подход, основанный на использовании оптимизационного метода решения обратных задач, был развит в работах [2,3].

Оптимизационный метод применяется и в настоящем докладе. Основываясь на этом методе, мы предложим численный алгоритм решения двумерных задач маскировки материальных тел и обсудим результаты вычислительных экспериментов в сравнении с результатами теоретического анализа.

### Список литературы

1. Han, T. Transformation Laplacian metamaterials: recent advances in manipulating thermal and dc fields / T. Han, C.-W. Qiu // J. Opt. – 2016. – V. 18. – 044003.
2. Алексеев, Г.В. Оптимизационный метод в задачах тепловой маскировки материальных тел / Г.В. Алексеев, В.А. Левин // Докл. АН. – 2016. – Т. 471, № 1. С. 32–36.
3. Алексеев, Г.В. Оптимизационный анализ задачи тепловой маскировки цилиндрического тела / Г.В. Алексеев, В.А. Левин, Д.А. Терешко // Докл. АН. – 2017. Т. 472, № 4. С. 398–402.

---

Антохив О.Р., Пак Т.В.

## ФУНКЦИИ МАТЬЕ В ЗАДАЧАХ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель - к.ф.-м.н., профессор Т.В. Пак

Ключевые слова: специальные функции, функции Матье, собственные значения, угловые функции, радиальные функции.

Теория электрического зонда довольно сложна и требует решения краевой задачи для системы нелинейных эллиптических дифференциальных уравнений. Аналитическое исследование задачи привело к функциям Матье.

Функции Матье хорошо изучены [1,2]. Они представляют собой решения дифференциального уравнения Матье, которое в канонической форме имеет вид

$$\frac{d^2y}{dz^2} + (a - 2q\cos 2z)y = 0, \quad (1)$$

где:  $a$  и  $q$  – некоторые параметры. Наиболее изучены решения, отвечающие собственным значениям параметра  $a$ , которым соответствуют четные  $\text{sem}(z, q)$  и нечетные  $\text{sem}(z, q)$  периодические решения с периодом  $\pi$  и  $2\pi$  и соответствующие им непериодические решения  $\text{fem}(z, q)$ ,  $\text{gem}(z, q)$  – функции Матье целого порядка  $m$  (использованы обозначения из [2]). Набор собственных значений, отвечающих четным функциям, обозначается через  $a_0, a_1, a_2, \dots$ , нечетным – через  $b_0, b_1, b_2, \dots$ , [2].

Уравнение (1), в котором в скобках стоит минус

$$\frac{d^2H}{d\eta^2} + (a + 2q\cos 2\eta)H = 0, \quad (2)$$

т.е. знак  $q$  в (1) меняется на противоположный, четным периодическим решениям уравнения (2), которые обозначаются через  $\text{se2t}(\eta, -q)$ ,  $\text{se2t} + 1(\eta, -q)$ , соответствуют собственные значения  $a_{2m}, b_{2m} + 1$ , а функциям  $\text{se2t} + 1(\eta, -q)$ ,  $\text{se2t} + 2(\eta, -q)$  – собственные значения  $a_{2m} + 1, b_{2m} + 2$  (см. [2]).

Кроме уравнения (3), возникает модифицированное уравнение Матье в виде

$$d2H/d\xi^2 - (a + 2q\cosh 2\xi)H = 0. \quad (3)$$

В (2) и (3) имеем  $q = \kappa^2$ . Для решений уравнения (2) используют обозначения  $\text{Set}(\xi, -q)$ ,  $\text{Set}(\xi, -q)$ .

В теории зонда важны вторые линейно независимые решения уравнения (3), стремящиеся к нулю на бесконечности:  $F_{km}(\xi, -q)$ ,  $G_{km}(\xi, -q)$ . Предмет исследования - уравнение Матье (3), в

котором  $a = \lambda + 1/4$ . Таким образом, решениями уравнения (3) будут модифицированные функции Матье полуцелого порядка  $F_{k\ell} + 1/2(\xi, -q)$ ,  $G_{k\ell} + 1/2(\xi, -q)$ , которые исследуются в работе.

В работе [3] вычисление этих функций осуществлялось с помощью рядов по произведениям функций Бесселя, недостатком представления через ряды является медленная сходимость рядов, ухудшающаяся при уменьшении  $\xi$ , и требующая вычисления сотен членов ряда.

Предлагается искать угловые и радиальные функции модифицированным методом фазовых функций, что ускоряет процесс поиска функций. Предполагается, что полученные методы также корректно работают при дробных значениях параметров.

Применение методов дифференциальной прогонки для вычисления функций Матье позволяет ускорить вычисление рядов по функциям Матье в задачах теории электрического зонда, рассеяния плоской волны [4]. Проведение оптимизации разработанных методов позволит ускорить вычисление рядов Фурье по исследуемым функциям.

#### *Список литературы*

1. Stratton, J. A. Elliptic Cylindrical and Spheroidal Functions / Stratton J. A., Morse P. M., L. J. Chu, Hutner R. A. // Massachusetts Institute of Technology, John Wiley & Sons, Inc., New York – 1941.
2. Мак-Лахлан, Н.В. Теория и приложения функций Матье. / Н.В. Мак-Лахлан // М.: Изд-во иностр. лит. – 1953.
3. Кашеваров, А. В. Функции Матье и кулоновские сфероидальные функции в теории электрического зонда, Журнал вычислительной математики и математической физики / А.В. Кашеваров // 2011 – том 51, № 12 – с. 2269–2278.
4. Bowman, J.J. Electromagnetic and Acoustic Scattering by Simple Shapes / Bowman J.J., Senior T.B.A., Uslenghi P.L.E. // North-Holland Publishing Company, Amsterdam – 1969.

---

Кобзарь Д.А.

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗД-МЕТОК ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ**

Академия цифровой трансформации ИМКТ ДВФУ

Научный руководитель – старший преподаватель А.А. Антонова

Современный человек на постоянной основе существует внутри информационного поля. Его окружают разнообразные источники контента, которые в силу своей синтетической природы зачастую оказываются трудными для перманентного восприятия. Взаимодействие с ними оказывается неэффективным, вследствие чего появляется необходимость интегрировать синтетический контент в естественную окружающую среду зрителя. Другими словами, зритель должен иметь возможность влиять на процесс восприятия информации [1]. Для обеспечения данного взаимодействия одним из приемлемых решений является использование дополненной реальности. Данная технология находится на стыке виртуального и реального пространств, что позволяет обеспечить необходимую степень интеграции. Однако, информация, составляющая цифровую сторону дополненной реальности, является динамической и, следовательно, более сложной для восприятия по сравнению со статическими электронными вывесками [2]. Следовательно, при работе с технологией требуется использование средств, повышающих степень контроля со стороны зрителя.

Область применения дополненной реальности достаточно широка и включает в себя такие сферы, как медицина, образование, строительство и многие другие. В данной работе рассматривается

использование технологии в рамках городской среды, и в частности, при взаимодействии зрителя с архитектурными формами. Несмотря на большой потенциал дополненной реальности в качестве инструмента передачи информации, значительная часть зрителей воспринимает её лишь как часть сферы развлечений [3]. Данный факт является следствием распространённости приложений, использующих технологию для создания интерактива между пользователем и средой, а также частичной геймификации окружающего пространства. Тем не менее, в настоящее время дополненная реальность активно используется в сфере туризма в целях навигации пользователя приложения в городской среде и демонстрации дополнительной информации к объектам интереса. Для обеспечения реализации указанных целей требуется осуществить локализацию пользователя, что может быть достигнуто различными методами.

Наиболее распространённым способом является совместное использование дополненной реальности с GPS (global positioning system). В данном случае приложение получает возможность оперировать данными, полученными с орбитальных спутников. Локализация пользователя осуществляется в трёхмерном пространстве с точностью, зависящей от количества спутников, в область видимости которых попадает объект. Однако, несмотря на массовое использование, итоговая точность GPS имеет погрешность 10–20 м, хоть и допустимую для навигации, но не пригодную для создания контента, основанного на архитектурных формах [4]. Данная погрешность появляется из-за большого расстояния между источником и приёмником сигнала, которое делает значительным влияние углового отклонения, появляющегося в связи с временными задержками и шумами в аппаратуре спутников, на результат расчётов. Компенсировать погрешность на данный момент представляется возможным лишь за счёт применения дополнительных технических средств.

Близким по смыслу к использованию GPS является одновременное с ней применение систем локального позиционирования. В данном случае источниками сигнала могут являться вышки сотовой связи, сетей 2G/3G/4G, WiFi, собственные технические устройства разработчика приложения. Локализация пользователя происходит посредством триангуляции пространства, сходным образом применяющейся в геодезии. При этом размер используемых треугольников соотносится с частотой установки излучателей, что устанавливает прямую зависимость между ней и точностью локализации. На основе данной технологии создан ряд приложений, обеспечивающих навигацию внутри зданий, однако в рамках городской среды издержки на обеспечение точности превышают степень окупаемости. В связи с этим кажется более выгодным задействование внутренних ресурсов приёмника сигнала вместо расширения ряда источников.

На сегодняшний день среди всех устройств, способных обеспечить работу с дополненной реальностью, первое место по частоте использования занимают смартфоны. Техническое развитие их конфигурации позволяет создавать виртуальные пространства без привязки к конкретному месту. В связи с этим появляется возможность использования аппаратных средств данных устройств для целей не только навигации, но и размещения динамического контента в цифровой среде. Наборы инструментов ARKit и ARCore позволяют применять встроенные в смартфоны сенсоры: гироскоп, акселерометр, камеру, – для детекции изменения положения устройства в локальной системе координат, которую можно привести к глобальной. В основе локализации лежат следующие ключевые процессы: отслеживание движения и ориентации смартфона в пространстве по изменению точек признаков изображения, получаемого с камеры; распознавание плоских поверхностей по кластерам точек признаков; оценка освещённости окружающей среды. Использование получаемых данных способно скорректировать погрешность локализации, полученной от GPS, однако ещё не в полной мере.

Наибольшую точность локализации демонстрирует механизм работы с пространственными метками. Он основан на создании зависимостей между демонстрируемым в приложении контентом и изображением, получаемым с камеры. В качестве метки может быть использован как QR-код, так и фотография пространства, в котором пользователю необходимо оказаться для получения доступа к контенту. Использование данного механизма обуславливает чётко определённые положение и ориентацию смартфона, что означает практически максимальную точность локализации. Однако, среди недостатков метода выделяется столь же чёткая зависимость от погодных условий и временного цикла. Изменения в освещённости окружающего пространства влияют на идентификацию точек признаков, что приводит к ошибкам при распознавании, что свидетельствует о том, что механизм требует доработки.

Возможным решением проблемы идентификации может служить использование трёхмерных пространственных меток вместо двумерных. В данном случае подразумевается создание фотограмметрии объекта интереса с последующей её обработкой. Трёхмерные метки в значительной степени менее зависимы от условий освещённости среды, поскольку их распознавание строится не только на идентификации отдельных точек признаков, но и на распознавании кластеров. Демонстрация контента будет основываться на условии обнаружения заданного сочетания плоскостей. Кроме того, зависимость можно дополнительно ослабить за счёт совмещения фотограмметрий одного объекта, созданных в различных условиях окружающей среды, либо за счёт использования камеры, менее подверженной влиянию уровня освещённости, например, инфракрасной. Процесс распознавания кластеров представляется комплексным с технической точки зрения. Для его осуществления каждое изображение, получаемое с камеры, должно обладать не только цветовыми каналами, но и каналом глубины, передающим информацию о дальности расположения точки признака от устройства. Чаще всего для создания данного канала применяется одновременно две камеры, равноудалённые от геометрического центра устройства. Подобная конфигурация может быть представлена как собственными камерами смартфона, так и внешними устройствами, в частности контроллером Kinect. Для удобства применения канал глубины может быть вынесен в отдельную карту, благодаря чему расчёты будут проводиться на её основе без учёта цвета исходного изображения. Примером данного решения является технология FaceID от Apple. Однако, существует альтернативный механизм, позволяющий получать карту глубины путём математических вычислений при меньшей зависимости от сенсоров устройства. Компанией Niantic была разработана технология, основанная на использовании карты окклюзии, создаваемой графическим процессором смартфона из обычного цветного изображения [5]. Вследствие преобразования полученной карты вычисляется параметр глубины, имеющий приемлемую точность для определения перекрытия объектов ближайшими, а также для осуществления перекрытия объектов реального мира и цифрового контента. Недостатками данной технологии является низкое значение максимально возможной для определения дальности и большая по сравнению с первым методом зависимость от условий освещённости окружающего пространства.

Таким образом, наиболее предпочтительным для использования в городской среде с точки зрения точности локализации является одновременное использование данных, получаемых от GPS, сенсоров определения локального положения устройства и сенсоров распознавания трёхмерных меток. С техническим усовершенствованием конфигурации смартфонов показатели точности будут иметь тенденцию к повышению, однако даже в настоящее время их можно оценить, как приемлемые.

*Список литературы*

1. Kaji, S. Augmented reality in smart cities: applications and limitations / S. Kaji, H. Kolivand, R. Madani, M. Salehinia, M. Shafaie // Journal of Engineering Technology. – 2018. – №6(1). – С. 28-45
2. Manovich, L. Poetics of Augmented Space / L. Manovich // Visual communication. – 2006. – №5(2). – С. 219-240
3. Snap Consumer AR Global Report [Электронный источник] – URL: [https://downloads.ctfassets.net/inb32lme5009/4Jh1ODwYalSM5VtORhSC9B/8e6ec4bf98015f47d762846b4e5e1170/Snap\\_Consumer\\_AR\\_Research\\_Global\\_Report.pdf](https://downloads.ctfassets.net/inb32lme5009/4Jh1ODwYalSM5VtORhSC9B/8e6ec4bf98015f47d762846b4e5e1170/Snap_Consumer_AR_Research_Global_Report.pdf)
4. Lee, G.A. CityViewAR: A Mobile Outdoor AR Application for City Visualization / G.A. Lee, A. Dünser, S. Kim, M. Billinghurst // 11th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2012) – Arts, Media, and Humanities. – 2012. – С. 57-64.
5. Niantic Lightship documentation [Электронный источник] – URL: <https://lightship.dev/docs/ardk/>

---

Афанасьева С.Д., Дранов С.В.

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКА КРОВИ В АРТЕРИИ С СУЖАЮЩИМСЯ КАНАЛОМ УРАВНЕНИЯМИ НАВЬЕ-СТОКСА ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Департамент математического и компьютерного моделирования ИМКТ ДВФУ  
Научный руководитель – К.С. Кузнецов

Стенозом артерий называют медицинское состояние, характеризуемое сужением артерий из-за наличия образований, примерами которых могут являться холестериновые бляшки или тромбы. Как правило, такое состояние приводит к нарушениям потока крови, что в свою очередь приводит к таким патологиям, как ишемия и инфаркт. Моделирование потока крови в артериях с стенозом является актуальной задачей, которая поможет понять физиологические процессы, которые происходят в артерии в условиях стеноза. Моделирование потока крови при помощи уравнений Навье-Стокса активно исследуется в литературе в последние годы [1].

Система уравнений, описывающая нестационарное движение вязкой ньютоновской жидкости, в цилиндрической системе координат с симметрией по углу поворота имеет следующий вид:

$$\frac{\partial u_r}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_r}{\partial r} + u_z \frac{\partial u_r}{\partial z} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} - \frac{\mu}{\rho} \left[ -\frac{u_r}{r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 u_r}{\partial z^2} \right] = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_z}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_z}{\partial r} + u_z \frac{\partial u_z}{\partial z} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - \frac{\mu}{\rho} \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial u_z}{\partial r} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} \right] = 0, \quad (2)$$

$$\frac{1}{r} u_r + \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0, \quad (3)$$

$$r \in [0, R], \quad z \in [0, Z], \quad t \in [0, T],$$

где  $u_r$  – радиальная скорость потока,  $\left[\frac{\text{м}}{\text{с}}\right]$ ,  $u_z$  – скорость потока вдоль оси артерии,  $\left[\frac{\text{м}}{\text{с}}\right]$ ,  $p$  – давление, [Па],  $\rho$  – плотность,  $\left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right]$ ,  $\mu$  – динамическая вязкость, [Па · с],  $R$  – радиус артерии, [м],  $Z$  – длина артерии, [м],  $T$  – общее время процесса, [с].

Для решения обезразмерим систему, введя следующие переменные:

$$r = \frac{\tilde{r}}{R}, \quad z = \frac{\tilde{z}}{Z}, \quad t = \frac{\tilde{t}}{T}, \quad u_r = \frac{\tilde{u}_r}{U_r}, \quad u_z = \frac{\tilde{u}_z}{U_z}, \quad p = \frac{\tilde{p}}{P}$$

где:  $U_r, U_z, P$  – относительные значения компонент скорости  $u_r, u_z$  и давления  $p$  соответственно.

Введем следующие безразмерные величины:

$$Sh_r = \frac{TU_r}{R}, \quad Sh_z = \frac{TU_z}{Z}, \quad \frac{Sh_z}{Sh_r} = \frac{U_z R}{U_r Z}, \quad d = \frac{R}{Z}, \quad \nu = \frac{\mu}{\rho},$$

$$Eu_r = \frac{P}{U_r^2 \rho}, \quad Eu_z = \frac{P}{U_z^2 \rho}, \quad Re_r = \frac{RU_r}{\nu}, \quad Re_z = \frac{RU_z}{\nu}.$$

Здесь  $Sh_r, Sh_z$  – числа Струхала для компонент скорости  $u_r, u_z$  соответственно,  $Eu_r, Eu_z$  – числа Эйлера для компонент скорости  $u_r, u_z$  соответственно,  $\nu$  – кинематическая вязкость,  $Re_r, Re_z$  – числа Рейнольдса для компонент скорости  $u_r, u_z$  соответственно  $d$  – соотношение радиуса и длины канала.

Введем новые переменные:

$$\tilde{r} = r, \quad \tilde{z} = z, \quad \tilde{t} = t, \quad \tilde{u}_r = u_r, \quad \tilde{u}_z = u_z, \quad \tilde{p} = p.$$

Тогда система уравнений в новых безразмерных переменных вместе с граничными условиями будет иметь вид:

$$\frac{\partial u_r}{\partial t} + Sh_r u_r \frac{\partial u_r}{\partial r} + Sh_z u_z \frac{\partial u_r}{\partial z} + Sh_r Eu_r \frac{\partial p}{\partial r} - \frac{Sh_r}{Re_r} \left[ -\frac{u_r}{r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + d^2 \frac{\partial^2 u_r}{\partial z^2} \right] = 0, \quad (4)$$

$$\frac{\partial u_z}{\partial t} + Sh_r u_r \frac{\partial u_z}{\partial r} + Sh_z u_z \frac{\partial u_z}{\partial z} + Sh_z Eu_z \frac{\partial p}{\partial z} - \frac{Sh_z}{Re_z} \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial u_z}{\partial r} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial r^2} + d^2 \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} \right] = 0, \quad (5)$$

$$\frac{1}{r} u_r + \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{Sh_z}{Sh_r} \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0. \quad (5)$$

Системе уравнений (4)-(6) соответствуют следующие граничные и начальные условия:

$$u_r|_{t=0} = 0, \quad u_z|_{t=0} = 0.7 - 0.7r,$$

$$u_r|_{r=R} = 0, \quad u_z|_{r=R} = 0, \quad \frac{\partial p}{\partial n}|_{r=R} = 0,$$

$$u_r|_{r=0} = 0, \quad \frac{\partial u_z}{\partial n}|_{r=0} = 0, \quad p|_{r=0} = 1,$$

$$u_r|_{z=0} = 0, \quad u_z|_{z=0} = 0.7 - 0.7r,$$

$$\frac{\partial u_r}{\partial n}|_{z=z} = 0, \quad \frac{\partial u_z}{\partial n}|_{z=z} = 0,$$

Решение задачи производится методом конечных элементов при помощи программного обеспечения FreeFem++[2]. Геометрия сужающейся артерии представлена на рисунке 1.

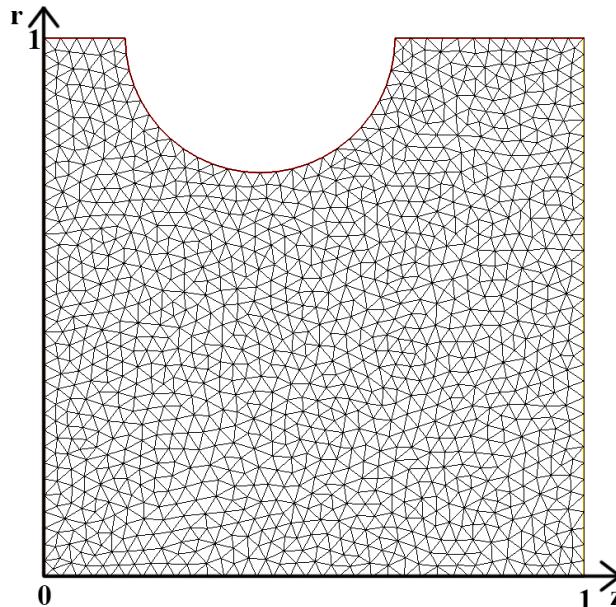


Рисунок 1 – Изображение расчетной области.

*Список литературы*

1. Pokhrel, P. Analysis of Blood flow Through Artery with Mild Stenosis. / P. Pokhrel, J. Kafle, P. Kattel, H. Gaire // Journal of Institute of Science and Technology. – 2020. – 25. – 33-38.
2. Hecht, F. New development in FreeFem++. / F. Hecht // Journal of numerical mathematics – 2012 – 20(3-4) – 251-266.

---

Пищикова А.А.

**АНАЛИЗ ПОЛУЛИНЕЙНОЙ ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ И ЕГО ПРИЛОЖЕНИЯ**

Департамент математического и компьютерного моделирования ДВФУ

Научный руководитель - д.ф-м.н., профессор А.Ю. Чеботарев

Рассматривается краевая задача для системы эллиптических полулинейных уравнений, моделирующих стационарные процессы типа реакции-диффузии:

$$\begin{aligned} -\operatorname{div}(a\nabla u) + f_1(u) &= F(u, v) + h_1, \\ -\operatorname{div}(b\nabla v) + f_2(v) &= -F(u, v) + h_2; \\ a\partial_n u + \alpha(u - u_b) \Big|_{\Gamma} &= 0, \quad b\partial_n v + \beta(v - v_b) \Big|_{\Gamma} = 0. \end{aligned}$$

Интерес к подобным задачам связан с их прикладной значимостью. На основе новых априорных оценок слабого решения задачи получены условия её однозначной разрешимости.

Поскольку модель рассматривается в довольно общем виде, полученные результаты справедливы для целого класса моделей. Например, модель сложного теплообмена [1] в неоднородной среде, учитывающие внутреннюю диссипацию энергии имеет вид

$$\begin{aligned} -\operatorname{div}(a\nabla\theta) + \frac{\mu_0\theta}{\theta_0 + \theta} &= c(\varphi - |\theta|^4 \operatorname{sign}\theta) + h, \\ \operatorname{div}(b\nabla\varphi) &= c(\varphi - |\theta|^4 \operatorname{sign}\theta); \\ a\partial_n\theta + \alpha(\theta - \theta_b) \Big|_{\Gamma} &= 0, \quad b\partial_n\varphi + \beta(\varphi - \theta_b^4) \Big|_{\Gamma} = 0. \end{aligned}$$

Здесь  $\theta$  — нормализованная температура,  $\varphi$  — нормализованная интенсивность теплового излучения, усредненная по всем направлениям,  $\mu_0$  — максимальное значение скорости диссипации,  $\theta_0$  — фиксированное значение температуры. Прочие параметры определены в [1]. Данная модель удовлетворяет выведенным условиям, следовательно, для неё справедливы полученные результаты.

Другим примером может послужить модель переноса кислорода с внутренними источниками [2]. Работа поддержана грантом РНФ № 23-21-00087.

*Список литературы*

1. Ковтанюк, А. Е. Нелокальная однозначная разрешимость стационарной задачи сложного теплообмена / А. Е. Ковтанюк, А. Ю. Чеботарев // Журнал вычислительной математики и математической физики — 2016. — № 56(5) — С. 816-823.
2. Kovtanyuk, A. E. Continuum model of oxygen transport in brain / A. E. Kovtanyuk, A. Yu. Chebotarev, N. D. Botkin, V. L. Turova, I. N. Sidorenko, R. Lampe // Journal of Mathematical Analysis and Applications — 2019. — № 474 — P. 1352-1363.

## Раздел X МИКРОБИОЛОГИЯ

Григоров Р.А.<sup>1</sup>

### ИССЛЕДОВАНИЕ АНАЭРОБНЫХ ПРОЦЕССОВ ОКИСЛЕНИЯ МЕТАНА В МОРСКИХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ТИХОГО ОКЕАНА С ПОМОЩЬЮ МИКРОБНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

<sup>1</sup> Научный руководитель - к.б.н., А.Л. Пономарева

Поскольку микроорганизмы в большинстве экологических систем являются первичными редуцентами и замыкают большую часть пищевых цепей, исследования микробиальных процессов позволяют получить значительное количество информации о химико-биологическом составе среды. Для исследования анаэробной части микробиома донных отложений может быть применена технология микробных топливных элементов, которая находит все более широкое применение в области биоремедиации органических веществ [3] и альтернативной энергетике [1]. Микробный топливный элемент – это биотехнологическое устройство, преобразующее энергию химических связей органических веществ в электричество посредством микроорганизмов [4]. Принцип его работы основан на способности некоторых бактерий, встречающихся в морской среде (*Shewanella*; *Geobacter*), генерировать электричество в процессе жизнедеятельности [2]. Поскольку электрогенные микроорганизмы метаболически связаны с остальной частью микробиома, имея представление об их активности, можно получить информацию о функционировании всего микробного сообщества. Главным преимуществом этого подхода является простота применения технологии и короткие сроки получения результатов, чего не могут предложить большинство современных методов (флюорат, газовая хроматография, высокоэффективная жидкостная хроматография).

#### Список литературы:

1. Волченко Н.Н., Самков А.А., Веселовская М.В., Калашников А.А., Веселовская М.В. Микробный топливный элемент как перспективное направление альтернативной энергетики // Сборник материалов VI Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. Изд-во Государственной академии промышленного менеджмента. – 2013. – С. 384-385.
2. Гасюк О.А., Волченко Н.Н., Лазукин А.А., Самков А.А., Худокормов А.А., Биоэлектрогенез микробных топливных элементов в присутствии *Shewanella oneidensis* MR-1 и некоторых тяжелых металлов // Актуальные вопросы биологической физики и химии. – 2022. – Т. 7. – № 3. – С. 501-504.
3. Самков А.А., Волченко Н.Н., Худокормов А.А., Калашников А.А., Веселовская М.В. Анаэробная биодеградация органических соединений в микробных топливных элементах // Политехнический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 101. – С. 496-510.
4. Шеуджен Т. М., Волченко Н. Н., Самков А. А. Микробный топливный элемент мембранныго типа для доочистки сточных вод // Материалы всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и студентов «Технологический форсайт 2.0». Краснодар, – 2016. – С. 184-187.

Кузнецова А.С.<sup>1</sup> Захарков С.П.<sup>2</sup>

## ПРОДУКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА И ФИТОПЛАНКТОНА ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЁЙ

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева

<sup>1</sup> Научный руководитель – к.б.н. А.В. Ким

<sup>2</sup> Научный руководитель – к.б.н., в.н.с. С.П. Захарков

Дальневосточные моря являются одними из крупнейших рыбопромысловых бассейнов России, в пределах которых сосредоточены огромные запасы биологических ресурсов и добывается более двух третей федерального вылова рыб и нерыбных объектов. Известно, что изменения климата оказывают значительное воздействие на морские экосистемы, также может оказывать на продукционные характеристики фитопланктона, в особенности на биомассу и на его видовую структуру сообщества в толще воды [1]. Прогноз климатических изменений имеет важное значение для оптимизации вылова и сохранения биоразнообразия морских объектов. Постоянное обсуждение влияния климатических изменений на производительность морских бассейнов, включая отдаленные Дальневосточные моря, продолжает оставаться актуальным по сей день [2].

Целью работы является на основе литературных данных изучить влияние абиотических факторов среды на продукционные характеристики бактериопланктона и фитопланктона дальневосточных морей.

Для понимания динамики процессов морских экосистем необходимо знание первичной продукции фитопланктона (ПП). Одними из основных факторов изменения климата, влияющими на ПП, являются изменение кислотности и потепление океана [3]. Изменение кислотности океана влияет на функционирование экосистемы и биоразнообразие водорослей, однако эффекты в значительной степени пока не полностью изучены. Также неизвестны долговременные последствия глобального потепления в виде активизации цветения водорослей. Все эти проблемы подчеркивают необходимость мониторинга продукционных характеристик фитопланктона, чтобы контролировать и прогнозировать глобальные и локальные изменения в морских экосистемах [2].

Известно, что бактериопланктон оказывает значительное влияние на самоочищение морских водоемов [4]. Уровень бактериальной продуктивности зависит от уровня первичной продукции фитопланктона. Фитопланктон является основным источником субстрата для бактерий, а скорость роста бактериопланктона зависит от температуры воды. Концентрация хлорофилла *a* отражает трофические условия для бактерий. Изменения бактериальной продукции с глубиной незначительны, но могут возрастать при увеличении субстрата [5]. Например, высокие показатели отношения бактериальной продуктивности к фитопланктону могут быть связаны с уменьшением цветения фитопланктона [6].

Таким образом, взаимодействие фитопланктона и бактериопланктона имеет большое значение для поддержания биологического баланса в морских экосистемах [7]

По литературным данным известно, что поступление биогенных элементов в Берингово и Охотское моря за счет приливного перемешивание, которое переносит эти элементы в верхний фотический слой, приводит к процессам, вызывающие межгодовые изменения концентрации хлорофилла *a*, который в свою очередь выражает биомассу фитопланктона в поверхностных слоях данных вод. Антициклонические вихри поставляют богатые биогенными элементами воды в близлежащие зоны и переносят поверхностные воды с высоким содержанием хлорофилла из береговых зон в глубоководные части бассейнов. Кроме того, выявлено, что экстремальные атмосферные циклоны

способствуют возникновению и усиливают динамику «цветений» морских одноклеточных водорослей [8].

#### *Список литературы*

1. Морские экосистемы и сообщества в условиях современных климатических изменений / [отв. ред. Г. Г. Матишов] ; Мурман. мор. биол. ин-т КНЦ РАН. — СПб. : Реноме – 2014. – 456 с.
2. Захарков С. П. Продукционные характеристики бактериопланктона и фитопланктона Авачинской бухты и южного района Дальневосточного государственного морского биосферного заповедника в летне-осенний период 2017 года / С. П. Захарков, А. В. Московцева, Е. В. Лепская, Е.А Штрайхерт, Р.В. Гладких // Микробиология, 2020. – Т. 89. – № 5. – С. 593-603.
3. Kottmeier D., Rokitta S., Tortell P., Rost B. Strong shift from HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> to CO<sub>2</sub> uptake in *Emiliania huxleyi* with acidification: new approach unravels acclimation versus short-term pH effects // Photosynth. Res. – 2014. – V. 121. – P. 265–275.
4. Azam F., Fenchel T., Field J.G., Gray J.S., Meyer-Reil L.A., Thingstad F. The ecological role of water column microbes in the sea // Mar. Ecol. Prog. Ser. – 1983. – V. 10. – P. 257–263.
5. Вышкварцев Д.И., Карапетян Т.Ш. Сезонная динамика первичной продукции в мелководных бухтах залива Посытья (Японское море) / Д.И. Вышкварцев, Т.Ш. Карапетян // Биология моря. – 1979. – Т. 2. – С. 28-33.
6. Захарков С. П. Продукционные характеристики бактерий и фитопланктона в весенне-летний период в Охотском и Беринговом морях/ С. П. Захарков, А.С Владимиров, Е.А Штрайхерт, Ши С., Р.В. Гладких, Л.С. Бузолёва // Микробиология – 2017. – Т. 86 – № 3. – С. 364–372.
7. Horner-Devine M. C. Bacterial diversity patterns along a gradient of primary productivity / M. C Horner-Devine, M. A. Leibold, V.H. Smith, B.J. M. Bohannan // Ecology letters – 2003. – Vol. 6, №7. - P. 613–622. Костылев, В.А. Медицинская физика / В.А. Костылев, Б.Я. Наркевич. – М.: Медицина – 2008. – 464 с.
8. Взаимосвязь гидрохимических и биологических процессов в морских экосистемах в условиях современной хозяйственной деятельности и изменения климата»: отчет о НИР; рук. В. П. Челомин; исполн. П. Я. Тищенко [и др.]. – Владивосток – 2017. – 11 с.

---

Ахмедов М.Ч.<sup>1</sup>

#### **МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ**

<sup>1</sup> Кафедра почвоведения и агрохимии, БГУ

Научный руководитель – д.б.н., профессор Ф. Х. Гахраманова

По современным представлениям почва — это биологическая и биохимическая система, одним из главных компонентов которой является почвенная микробиота. Почвенные микроорганизмы, являющиеся неотъемлемой частью биогеоценозов, участвуют в глобальном круговороте веществ и энергии в биосфере. От их развития и жизнедеятельности в значительной мере зависит плодородие почв, качество и продуктивность возделываемых растений, т.е. им принадлежит ведущая роль в разложении растительных остатков, в синтезе и деструкции гумуса, формировании фитосанитарного состояния почвы, накоплении в ней биологически активных веществ (ферменты, витамины, антибиотики и др.), фиксации атмосферного азота. Ввиду крайней важности почвенных микроорганизмов, исследование трансформации нефти, попавшей в результате той или иной аварии в

почву, очень важно для понимания изменений в микробиоте [1]. Стоит отметить, что одним из активных компонентов так же почвы являются актиномицеты, которые представляют собой единое звено в трофической цепи экосистемы, при этом осуществляя функции микробов-редуцентов, и принимая активное участие в разложении таких сложных полимеров, как лигнин, хитин, целлюлоза, гумусовые соединения и др. [2].

Цель работы – изучение микроразнообразия антропогенно нарушенных биотопов Апшеронского полуострова и выбор метода для более точного ее определения. В ходе всех экспериментов, связанных с выделением микроорганизмов из загрязненных почвенных образцов использовали 30-минутное перемешивание при комнатной температуре. Так же использовались питательные среды, отличающиеся по количественному составу питательных элементов, обработка образцов ультразвуком (УЗ) и отношения между различными группами микроорганизмов. Из взятых почвенных образцов подготовили водную суспензию (30 минутную) и прежде чем делать посев, обработали ее УЗ на 15, 30 и 60 минут, для которого использовали дезинтегратор имеющий мощность 400-500 кВт и частоту не более чем 40 кНс. В физиологическом растворе находились в течении 2-х часов. Стоит отметить, что использованные питательные среды не только влияли на количество микроорганизмов, но при этом имело место и качественное изменение. Например, обработка УЗ способствует на среде МПА:100 интенсивному развитию кокков и грамм отрицательных бактерий, на ПА – коринебактерий и спорообразующих. В ходе работы было выяснено что число бактерий в нефтезагрязненных почвах Абшерона характеризуются более высокими показателями по сравнению с грибами и увеличение степени загрязненности почв сильнее отражается на количественном показателе характеризующем численный состав микромицетов а так же что обработка образцов ультразвуком при изучении микроразнообразия нефтезагрязненных почв, а также различных растительных материалов позволяет более точно оценивать численный состав микроорганизмов.

#### *Список литературы*

1. Добровольская Т.Г. Бактериальное разнообразие почв: оценка методов, возможностей, перспектив / Т.Г. Добровольская и др. //Микробиология – 2001. – Т.70. – № 2. – С.149-167.
2. Абушов Р.А. Физиолого-биохимические свойства актиномицетов Азербайджана и его народнохозяйственное значение. / Р.А. Абушов // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктор биологических наук Баку – 2004. – 54 с.

---

Бережная С.Р.<sup>1</sup>

#### **РАЗНООБРАЗИЕ ФОСФАТСОЛЮБИЛИЗИРУЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВЕ**

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> ФГБУН «Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии»

Дальневосточного отделения российской академии наук, Владивосток, Россия

<sup>1, 2</sup> Научный руководитель – к.б.н., профессор каф. биоразнообразия и морских биоресурсов ДВФУ; вед.н.с. сектора почвоведения и экологии почв ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН М. Л. Сидоренко

Фосфатсолюбилизирующие микроорганизмы представляют собой группу бактерий, которые способны к высвобождению как неорганического, так и органического фосфора за счет чего поддерживается уровень питательных веществ в почве, ведущий к увеличению урожайности сельскохозяйственных культур.

Большое количество микроорганизмов проявляют способность к солюбилизации фосфора. Сообщается, что бактерии, грибы и актиномицеты для осуществления процесса солюбилизации способны синтезировать органические кислоты и различные внеклеточные ферменты.

Почвенные бактерии, способные к солюбилизации фосфора, включают такие рода как *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Actinomadura*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Bradyrhizobium*, *Brevibacterium*, *Burkholderia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Escherichia*, *Micrococcus*, *Nitrobacter*, *Nitrosomonas*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Rhodococcus*, *Serratia*, *Thiobacillus*, *Xanthomonas*, *Serratia* [1–4].

На данный момент, считается, что почвенные грибы наиболее продуктивны в процессе солюбилизации неорганического фосфата в почвах, поскольку данные микроорганизмы производят большее количество органических кислот по сравнению с другими микроорганизмами. Выяснено, что способностью к солюбилизации обладают такие рода почвенных грибов как *Achrothcium*, *Alternaria*, *Arthrobotrys*, *Aspergillus*, *Cephalosporium*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Cunninghamella*, *Chaetomium*, *Fusarium*, *Glomus*, *Helminthosporium*, *Micromonospora*, *Mortierella*, *Myrothecium*, *Oidiodendron*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Phoma*, *Pichia*, *Populospora*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Rhizopus*, *Saccharomyces*, *Schizosaccharomyces*, *Schwanniomyces*, *Sclerotium*, *Torula*, *Trichoderma*, *Yarrowia* [5,6].

Проведенные исследования, показали, что примерно 20% актиномицетов способны солюбилизировать фосфор, включая такие распространённые рода как *Actinomyces*, *Streptomyces* и *Micromonospora* [5].

Таким образом, значительное количество микроорганизмов обладает способностью к растворению фосфора. К ним относятся бактерии, грибы, актиномицеты. Микробиологические фосфатсолюбилизаторы представляют собой эффективный способ решения проблемы доступности фосфора в почве. Биотехнология мобилизации фосфора микроорганизмами предоставляет отличную возможность для разработки экологического фосфорного биоудобрения, которое будет использоваться в качестве дополнения к химическим удобрениям или как альтернатива химии.

#### *Список литературы*

1. Babalola, O. O. The use of microbial inoculants in African agriculture: current practice and future prospects / O. O. Babalola // Journal of Food, Agriculture and Environment. – 2012. – Vol. 10., №. 3. – P. 540-549.
2. Chakraborty, U. Evaluation of *Ochrobactrum anthropi* TRS-2 and its talc based formulation for enhancement of growth of tea plants and management of brown root rot disease / U. Chakraborty // Journal of applied microbiology. – 2009. – Vol. 107. – №. 2. – P. 625-634.
3. Kumar, S. Amendments of microbial bio fertilizers and organic substances reduces requirement of urea and DAP with enhanced nutrient availability and productivity of wheat (*Triticum aestivum*) / S. Kumar // Journal of Ecological Engineering. – 2014. – Vol. 2. – P. 432-437.
4. Postma, J. Selection of phosphorus – solubilizing bacteria with biocontrol potential for growth in phosphorus rich animal bone charcoal / J. Postma // Applied Soil Ecology. – 2010. – Vol. 46., №. 3. – P. 464-469.
5. Sharma, S. B. Phosphate – solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils / S. B. Sharma // Springerplus. – 2013. – Vol. 2. – P. 587-600.
6. Srinivasan, R. Effect of salt on survival and P – solubilization potential of phosphate solubilizing microorganisms from salt affected soils / R. Srinivasan // Saudi Journal of Biological Sciences. – 2012. – Vol. 19. – P. 427-434.

Козырев Д.Н.<sup>1</sup>

## ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОГО ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НЕКОТОРЫХ ПЛЁНОК НА ОСНОВЕ ШИРОКОЗОННЫХ ПРОВОДНИКОВ

<sup>1</sup> Департамент медицинской биологии и биотехнологии ШМНЖ ДВФУ

<sup>1</sup> Научный руководитель - к.б.н., доцент В.В. Кумейко

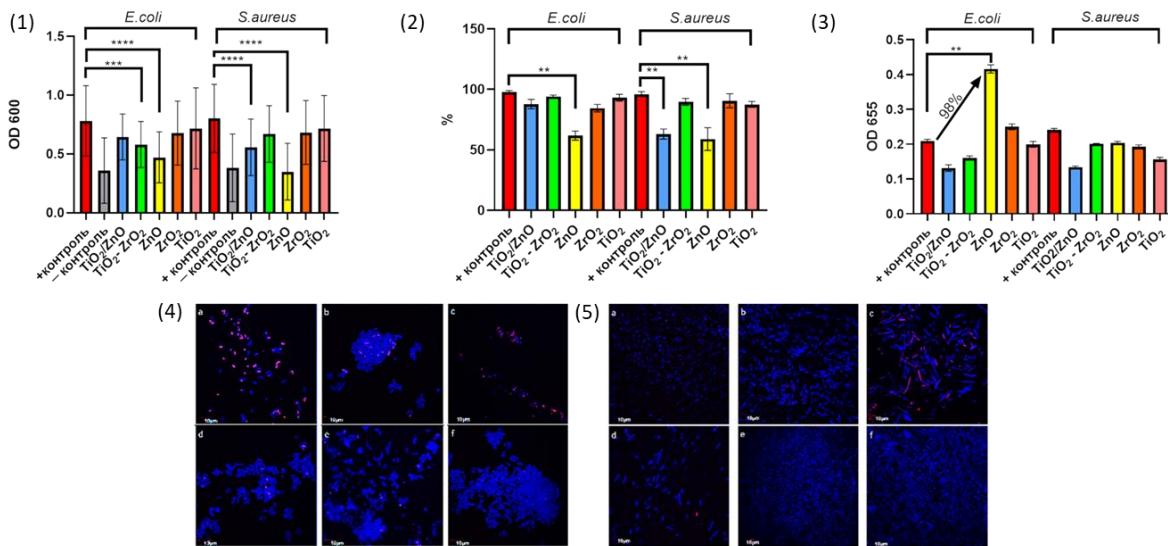
<sup>1</sup> Научный руководитель - д.ф-м.н., Д.С. Штарев

В работе исследовались широкозонные полупроводниковые фотокатализаторы (диоксид титана, оксид цинка, оксид циркония), полупроводниковые фотокатализитические гетероструктуры на их основе ( $Ti-ZrO_2$ ,  $TiO_2/ZnO$ ). Отличительным блоком данного эксперимента является то, что исследовались не объёмные материалы, такие как висмутаты щелочноземельных металлов [2,3], а тонкие плёнки, полученные методом окунания (dip-coating), сформированные на оптически-прозрачных подложках (стекло). В своей работе Рудакова А.В. с соавторами изучили способ получения фотокатализаторов на основе полупроводниковой гетероструктуры [1].

Целью работы являлось проверка антибактериального фотокатализитического действия некоторых покрытий на основе широкозонных проводников.

Оценка антибактериальной активности исследуемых материалов была сделана в отношении грам(+) бактерий *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538 – P=FDA 209-P, Американская коллекция типовых культур ATCC, США) и грам(–) бактерий *Escherichia coli* (ATCC 25922, Национальный центр инфекционных болезней NCDC, США). Предварительно культуры были выращены до стационарной фазы в универсальной жидкой среде LB с глюкозой. Затем культуры были разведены в той же среде до  $A_{600} = 0,05$ , далее мы внесли по 750 мкл супензий в лунки 24-луночного планшета, в которых заранее были помещены исследуемые образцы, а также в пустые лунки для оценки нормального роста бактерий. После была проведена инкубация при 37 °C и постоянном перемешивании (120 грт) на свету. Облучение было проведено LED лампой мощностью 100 Вт (светодиодный прожектор WOLTA WFL-100W/06 5700K, WOLTA, КНР). Измерение оптической плотности  $A_{600}$  супензий, в качестве показателя роста бактериальных культур, было проведено при помощи планшетного спектрофотометра Cytaion 5 Imaging Reader (BioTek Instruments, США) при сканировании каждой лунки планшета в 49 точках. Затем проводили анализ жизнеспособности бактериальных культур. Первоначально, производили окрашивание микроорганизмов после воздействия на них исследуемых материалов проводилось методом количественного окрашивания флуоресцентными красителями Hoechst/PI с соответствующими концентрациями (1 мкг/мл и 5 мкг/мл). Клетки инкубировали в среде с флуоресцентными красителями в течение 30 минут (в соответствии с инструкцией производителя), затем проводили анализ жизнеспособности клеток методом конфокальной лазерной сканирующей микроскопии. Для выявления механизма действия исследуемых покрытий впервые использовали метод НСТ-тест для бактериальных культур. Прежде всего мы растворили НСТ (1 мг/мл) в PBS в течение 30-60 минут при постоянном перемешивании (250 грт). Затем культуры бактерий, выросшие до стационарной фазы в универсальной жидкой среде с глюкозой, рассаживали по 1 мл клеточной супензии в лунки 24-луночного планшета и с исследуемыми материалами, а также в пустые лунки для нормального роста бактерий. После была проведена инкубация при 37 °C и постоянном перемешивании (120 грт) на свету в течение 14 часов. После была проведена инкубация при 37 °C и постоянном перемешивании (120 грт) на свету. Облучение было проведено светодиодной LED лампой мощностью 100 Вт. За 40 минут до конца инкубации мы добавили 90 мкл НСТ (1мг/мл) в каждую лунку. Далее провели центрифugирование планшета при 37 °C и 2700 g для того, чтобы убрать остаточный НСТ и

продукты метаболизма бактериальных клеток, оставляя только клеточный осадок. Потом для солюбилизации клеток в каждую лунку добавили 1 мл 2М KOH и ДМСО, для растворения образовавшегося в результате связывания супероксид радикала с HCT диформазана на 10 минут при (120 rpm). Полученный раствор переносили в лунки 96-луночного планшета (по 100 мкл на лунку) и измеряли поглощение оптической плотности при 630 нм.



*Рисунок 13 – (1) – Рост культур микроорганизмов *E.coli* и *S.aureus* в присутствии широкозонных проводников с фотокаталитической активностью при культивировании в течение 8 часов и постоянном облучении светодиодной лампой (100 Вт). (2), (4) и (5) – Оценка жизнеспособности культуры *S.aureus* и *E.coli* под воздействием широкозонных проводников с фотокаталитической активностью при облучении светодиодной лампой (100 Вт) (a – TiO<sub>2</sub>/ZnO, b – TiO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub>, c – ZnO, d – ZrO<sub>2</sub>, e – TiO<sub>2</sub>), f – положительный контроль. Красная флуоресценция (пропидия йодид) – мертвые клетки; синяя флуоресценция (Hoechst 33342) – живые клетки. (3) – Инкубация *E.coli* и *S.aureus* в присутствии широкозонных проводников с фотокаталитической активностью в течение 14 часов, постоянном облучении светодиодной лампой (100 Вт) и добавлении АФК-связывающего красителя HCT. \*\* p < 0,01, \*\*\* p < 0,001, \*\*\*\*p <0,0001.*

В ходе проделанной работы удалось выявить, что среди исследованных покрытий на основе широкозонных проводников TiO<sub>2</sub>/ZnO, TiO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub>, ZnO, ZrO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> наибольшее антибактериальное действие проявило покрытие на основе ZnO, достоверно снижая рост грам(–) бактерии *Escherichia coli* на 40%, и подавляя рост грам(+) бактерий *Staphylococcus aureus* на 56%. Впервые исследованы антибактериальные свойства покрытия на основе гетероструктуры TiO<sub>2</sub>/ZnO в отношении *Escherichia coli*, рост которой подавлялся на 20%, однако больший ингибирующий эффект (30%) установили в отношении *Staphylococcus aureus*. Впервые исследованы антибактериальные свойства покрытия на основе гетероструктуры TiO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub>, для которого выявили подавление роста *Escherichia coli* на 26%, а *Staphylococcus aureus* – на 16%. Для независимой оценки полученных результатов антибактериальную активность покрытий исследовали методом оценки жизнеспособности с помощью флуоресцентных красителей с визуализацией клеток методом конфокальной лазерной микроскопии и автоматизированным количественным анализом, который подтвердил ингибирующие действие наиболее перспективных фотокатализаторов TiO<sub>2</sub>/ZnO и ZnO. Методом конверсии HCT в диформазан установлено, что антибактериальный эффект ZnO может быть связан с продукцией АФК, уровень которой был увеличен в два раза под воздействием видимого излучения.

### *Список литературы*

1. Рудакова, А. В., Емелин, А. В., Мурашкина, А. А., & Стародубцева, Л. А. (2017). Способ получения фотокатализатора на основе полупроводниковой нано-гетероструктуры CdS-WO<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub>. (Patent No.RU 2 624 620).
2. Hu X. Photocatalytic decomposition of acetaldehyde and Escherichia coli using NiO/SrBi<sub>2</sub>O<sub>4</sub> under visible light irradiation / X. Hu, C. Hu, J. Qu // Applied Catalysis B: Environmental. – 2006. – Vol. 69. – P. 17–23.
3. Shtarev D.S., Shtareva A.V., Ryabchuk V.K., Rudakova A.V., Murzin P.D., Molokeev M.S., Koroleva A.V., Blokh A.I., N. Serpone. Solid-State Synthesis, Characterization, UV-Induced Coloration and Photocatalytic Activity – The Sr<sub>6</sub>Bi<sub>2</sub>O<sub>11</sub>, Sr<sub>3</sub>Bi<sub>2</sub>O<sub>6</sub> and Sr<sub>2</sub>Bi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Bismuthates. Catalysis Today 340. – 2020. – C. 70–85.

---

Литвинов Н.А.<sup>1</sup>

## **ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ОБРАЗОВАНИЕМ БИОПЛЕНОК В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

<sup>1</sup> Научный руководитель – к.б.н., профессор Е. А. Богатыренко

Микроорганизмы в природе существуют в виде свободноживущих планктонных организмов и в виде биопленок – сообществ микроорганизмов, окруженных продуцируемым ими внеклеточным матриксом. Строение внеклеточного матрикса и изменения в организации метаболизма у обитателей биопленки обеспечивает колонии высокую устойчивость к факторам окружающей среды таким как: температура, кислотность, воздействие химических веществ, ультрафиолетовое излучение и т.д. Планктонные микроорганизмы могут образовывать биопленки в системах водоснабжения на границе жидкой и твердой сред, что может повлиять на качество воды, целостность оборудования и создать опасность инфекционного заражения.

Цель работы – на основе литературных данных сформулировать основные проблемы, связанные с формированием биопленок в системах водоснабжения.

Жизнедеятельность бактерий в составе биопленки может стать причиной неприятного запаха и неприятного вкуса питьевой воды. Окисление сульфидов и сероводорода серобактериями в процессе своей жизнедеятельности способствует выделению свободной серы, которая может привести к образованию диметилдисульфида с характерным неприятным запахом [4]. Железобактерии в составе биопленок окисляют двухвалентное железо, часто встречающееся в водопроводной воде, до трехвалентного, имеющее характерный запах ржавчины, а также желто-бурый цвет, которым может окраситься вода при высоком содержании в ней железа [4]. Присутствие в биопленках на стенках трубопроводов продуцентов геосмина, таких как: *Streptomyces*, *Actinomyces*, *Nocardia*, может стать причиной появления у воды землистого и затхлого запаха [4].

Биопленки на стенах труб могут образовывать микроорганизмы, жизнедеятельность которых приводит к коррозии водопроводных сетей. Основными микроорганизмами, несущими угрозу коррозии стали, железа и алюминия являются сульфатредуцирующие бактерии, получающие энергию за счет окисления водорода с использованием сульфата, как конечного акцептора электронов. Сульфатредуцирующие бактерии в ходе своих метаболических процессов используют молекулы водорода на границе жидкости и металла для катодной деполяризации коррозионного металла, что

ускоряет его коррозию [2, 3]. Также коррозию металлов, из которых состоят системы водоснабжения, могут вызывать железобактерии, сульфатокисляющие бактерии, метанобактерии и др. [3,4].

Наличие биопленок в системах водоснабжения может угрожать человеку заражением инфекционным заболеванием. В природе биопленки часто являются сообществом из нескольких видов бактерий, которые могут встраиваться в биопленку на разных этапах её развития. Биопленка может стать средой для развития патогенных микроорганизмов, в которой они могут обмениваться генами и размножаться. Планктонные формы таких патогенных бактерий, как *Legionella*, *Helicobacter*, *Pseudomonas* могут встраиваться в биопленки, образованные на внутренней поверхности водопроводов другими микроорганизмами [1,4].

Возникновение биопленок в системе водоснабжения может повлечь за собой ряд серьезных проблем, способных нанести вред как человеку, так и окружающей его инфраструктуре. Требуется дальнейшее подробное изучение механизмов образования биопленок, а также факторов, способствующих их образованию в системах водоснабжения, для разработки эффективных методов борьбы с ними.

#### *Список литературы*

1. Диденко Л.В. Морфологические особенности биопленок в потенциально опасных водных системах / Л.В. Диденко // Эпидемиология и инфекционные болезни. – 2012. – №1. – С. 15-19
2. Калимуллина Д.Д. Анаэробный вид коррозии водопроводных сетей / Д.Д. Калимуллина // Инновационная наука. – 2016. – №6. – С. 98-99
3. Кашковский Р.В., Хохлачев Н.С. Микробиологические аспекты коррозионного разрушения подземных трубопроводов / Р.В. Кашковский, Н. С. Хохлачев // Вести газовой науки. – 2022. – №1 (50). – С. 57-77.
4. Moreno Y. Influence of drinking water biofilm microbiome on water quality: Insights from a real-scale distribution system. [электронный ресурс] / Y. Moreno, L. Moreno-Mesonero, P. Soler, A. Zornoza, A. Soriano // Science of The Total Environment. – 2024. – Vol. 921.

---

Лысенко М. Е.<sup>1</sup>

#### **БАКТЕРИИ ОСТРОВА РУССКИЙ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ДЕГРАДАЦИИ ПЛАСТИКА**

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

<sup>1</sup> Науч. рук. – к.б.н., профессор кафедры биоразнообразия и морских биоресурсов Е. А. Богатыренко

Проблема загрязнения окружающей среды пластиковыми отходами из полиэтилентерефталата (ПЭТ) распространена повсеместно, включая и остров Русский, где было обнаружено как минимум 8 несанкционированных свалок пластикового мусора. Поиск эффективного и безопасного способа утилизации ПЭТ может быть одним из вариантов уменьшения пластиковых отходов. Одним из таких методов может быть разложение мусора с помощью бактерий.

Цель работы – поиск бактерий, способных к деструкции полиэтилентерефталата.

Для получения культур бактерий, разрушающих ПЭТ, использовали пластиковые бутылки, найденные на локальных свалках острова Русский. Смывы с бутылок вносили в 40 мл. жидкой минеральной среды Ворошиловой-Диановой, содержащей 0,1 грамм первичного или вторичного ПЭТ в качестве единственного источника углерода. Инкубацию проводили при комнатной температуре в

течение месяца, после чего были получены и таксономически охарактеризованы чистые культуры бактерий.

Всего было получено 16 штаммов бактерий, из которых 87% росли на среде, содержащей вторичный ПЭТ и только 13% первичный ПЭТ. Данные результаты связаны с особенностью структуры пластика, так как при меньшей кристаллизированности пластик, которую имеет вторичный ПЭТ, будет содержать больше участков, подвергаемых деградации [1].

Идентификацию бактерий проводили на основе анализа структуры фрагмента их гена 16S РНК с помощью генетического анализатора «НАНОФОР 05» («Синтол», Россия).

Результаты работы показали, что большая часть полученными нами бактерий относились к родам *Pseudomonas* (44%) *Rhodococcus* (31%), остальная часть микроорганизмов была представлена родами *Achromobacter* (13%), *Priestia* (6%) и *Mammaliicoccus* (6%).

В работе У. Сеперумал и др. отмечали роль бактерий рода *Pseudomonas* к изменению структуры и разрушению ПЭТ [7]. В другом исследовании изучали способность бактерий родов *Pseudomonas* и *Bacillus* (родственный к роду *Priestia*) к деградации ПЭТ как отдельными штаммами, так и в составе консорциума с образованием биопленки на поверхности пластика [6]. Было выявлено, что данные бактерии способны к росту на ПЭТ в качестве единственного источника углерода, приводя к его деградации, также отмечалось, что более эффективно данный процесс наблюдается при образовании консорциума [6].

Бактерии рода *Achromobacter* не встречались в работах по деградации ПЭТ. Однако они были обнаружены в составе консорциума, который показал способность к адгезии ПЭНП (полиэтилен низкой плотности), а в дальнейшем и к успешному изменению структуры пластика [4]. В другом исследовании подтверждалась способность *A. xylosoxydans* к деградации ПЭВП (полиэтилен высокой плотности) [5]. Однако при разрушении ПЭ деградации подвергаются углерод-углеродные связи, тогда как в ПЭТ расщепление происходит по сложноэфирной связи. Подобный тип нарушения целостности молекулы у рода *Achromobacter* наблюдается при деструкции ди-(2-этилгексил)фталата [8].

В одной из работ для изучения потенциала *Rhodococcus* к деградации пластиков, их геном изучался на наличие генов, участвовавших в разрушении разных типов пластика, включая способность к разрушению ПЭТ. В итоге были обнаружены последовательности, кодирующие классы ферментов, способных к биоразложению ПЭТ [9].

В литературе также изучалась способность штаммов *Staphylococcus* (родственных роду *Mammaliicoccus*) к разложению ПЭНП по неизвестному механизму [2]. Однако изучали способность консорциума, в составе которого встречался род *Staphylococcus*, к биодеградации ацтоменофена, включая разложения бензольного кольца, которое имеется и в структуре ПЭТ [3].

Таким образом, в результате наших исследований установлено, что полученные бактерии обладают потенциалом к биодеградации ПЭТ и метаболические возможности требуют дальнейшего изучения.

#### Список литературы

1. Боровой, В. Ю. Особенности молекулярной структуры полиэтилентерефталата / В.Ю. Боровой // Вестник науки. – 2019. – Т. 3. – №1 (10). – С. 136-138.
2. Chatterjee, S. Enzyme-mediated biodegradation of heat treated commercial polyethylene by Staphylococcal species / S. Chatterjee and etc. // Polymer Degradation and Stability. – 2010. – V. 95 (2). – P. 195-200.

3. Chopra, S. Biodegradation and Kinetic Analysis of Acetaminophen with Co-culture of Bacterial Strains Isolated from Sewage Wastewater / S. Chopra and etc. // Current Microbiology. – 2020. – V. 77. – P. 3147-3157.
4. Dey, AS. Biodegradation of Unpretreated Low-Density Polyethylene (LDPE) by Stenotrophomonas sp. and Achromobacter sp., Isolated From Waste Dumpsite and Drilling Fluid / AS. Dey and etc. // Front. Microbiol. – 2020. – V. 11.
5. Kowalczyk, A. Achromobacter xylosoxidans as a new microorganism strain colonizing high-density polyethylene as a key step to its biodegradation / A. Kowalczyk and etc. // Environmental Science and Pollution Research. – 2016. – V. 23. – P. 11349–11356.
6. Roberts, C. Environmental Consortium Containing Pseudomonas and Bacillus Species Synergistically Degrades Polyethylene Terephthalate Plastic / C. Roberts and etc. // ASM Journals. – 2020. – V. 5 (6).
7. Sepperumal, U. Electron microscopic studies of Polyethylene terephthalate degradation potential of Pseudomonas species / U. Sepperumal and etc. // Journal of Microbiology and Biotechnology Research. – 2013. – №3 (1). – P. 104-110.
8. Wang, P. Biodegradability of di-(2-ethylhexyl) phthalate by a newly isolated bacterium Achromobacter sp. RX / P. Wang and etc. // Science of The Total Environment. – 2021. – V. 755 (1). – P. 142476.
9. Zampolli, J. Genome-Based Exploration of Rhodococcus Species for Plastic-Degrading Genetic Determinants Using Bioinformatic Analysis / J. Zampolli and etc. // Microorganisms. – 2022. – №10 (9). – P. 1846.

---

Макаров А.И.<sup>1</sup>

**ГЕТЕРОЛОГИЧНАЯ ЭКСПРЕССИЯ ЩЕЛОЧНОЙ ФОСФАТАЗЫ В КЛЕТКАХ  
ESCHERICHIA COLI**

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия морских биоресурсов Института Мирового океана ДВФУ

<sup>2</sup> Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова

<sup>2</sup> Научный руководитель - к.б.н, н.с Ю.А Носкова

<sup>1</sup> Научный руководитель - к.б.н, доцент А.В. Ким

В настоящее время большой интерес для исследователей представляют вещества и ферменты, выделенные из морских организмов. Это связано с уникальностью их места обитания. Одним из интересных ферментов, выделенным из морской бактерии *Cobetia amphilecti* KMM 296, является щелочная фосфатаза [1]. Фосфатаза участвует в переработке фосфатов в морской среде, а также внутри живых клеток. Её распространение зависит от факторов окружающей среды, таких как наличие фосфатов, доминирующие обитатели, глубина воды, соленость, температура и внутреннее соотношение азота и фосфора в высших организмах и микробных сообществах [2].

Целью данной работы является сравнение экспрессии фермента щелочной фосфатазы на двух штаммах *Escherichia coli* с использованием разных систем плазмид. На каждый штамм использованы разные системы плазмид. Для штамма *E. coli* Rosetta (DE3) – система pET и для *E. coli* BL21 (DE3) – pLysS, соответственно.

Система pET — система, разработанная для клонирования и экспрессии рекомбинантных белков в *E. coli*. Важными преимуществами этой системы является ее способность поддерживать

транскрипционное молчание генов-мишеней в неиндуцированном состоянии и то, что почти все ресурсы клетки преобразуются в экспрессию целевого гена, при этом желаемый продукт может составлять более 50% общего клеточного белка уже через несколько часов после индукции [3]. Плазмиды системы pLysS используются для высокоэффективной экспрессии генов под контролем T7 промотора и позволяют достигать высокого уровня экспрессии целевого гена при индукции с IPTG [4]. Клетки этого штамма обладают свойством в присутствии индуктора (IPTG) преимущественно экспрессировать рекомбинантные белки и в минимальном количестве собственные белки. Эти плазмиды придают устойчивость к хлорамфениколу и совместимы с векторами pET для клонирования целевых генов [3]. Рекомбинантные белки могут продуцироваться в растворимой форме или в нерастворимой в виде телец включения [5].

В результате проведенного исследования нами было показано, что культура с системой pET дала растворимую форму ЩФ с удельной активностью фермента 2,42 ед/мг, а pLysS – нерастворимую, с удельной активностью 28,6 ед/мг. На основании полученных результатов для дальнейшей работы был выбран штамм *E. coli* BL21 (DE3).

#### *Список литературы*

1. Golotin V.A. Recombinant production and characterization of a highly active alkaline phosphatase from marine bacterium *Cobetia marina* / V.A. Golotin, L.A. Balabanova, G.N. Likhatskaya, V.A. Rasskazov // Marine biotechnology (New York, N.Y.). – 2015. – Vol.17. – P.130-143
2. Hoppe H.G. Phosphatase activity in the sea / H.G Hoppe // Hydrobiologia. – 2003. - Vol. 493 – P.187-200
3. pET System Manual. TB055 8<sup>th</sup> Edition 02/99. Novagen 1. United States & Canada
4. Studier F.W. Use of bacteriophage T7 lysozyme to improve an inducible T7 expression system / F.W Studier // Journal of Molecular Biology. – 1991. – Vol. 219. – P. 37-44
5. Pouresmaeil M. Factors involved in heterologous expression of proteins in *E.coli* / M. Pouresmaeil , S . Azizi-Dargahlou // Arch Microbiol. – 2023. – Vol.205. – P. 212

---

Мартыненко Е. С.<sup>1,2</sup>

#### **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВАХ И ОРТШТЕЙНАХ УСЛОВНО НЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Лаборатория почвоведения и экологии почв ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии

<sup>1,2</sup> Науч. рук. – к.б.н., проф. Каф. биоразнообразия и морских биоресурсов ДВФУ Сидоренко М. Л.

Загрязнение почв токсичными металлами стало серьезной экологической проблемой в настоящее время во многих частях мира. Устойчивость почв к избыточному поступлению металлов является важной научной и практической проблемой. Изучение механизмов, регулирующих содержание и доступность металлов в почвах, важно для сохранения экологически благоприятной окружающей среды. Одним из таких механизмов почв является образование органоминеральных новообразований, представленных почвенными железомарганцевыми ортштейнами, обладающими высокой сорбционной способностью, позволяющей контролировать накопление, подвижность и биодоступность различных металлов – загрязнителей почв [1]. Механизм образования ортштейнов является до сих пор дискуссионным вопросом. В литературе имеются сведения, подтверждающие

присутствие микроорганизмов в Fe – Mn конкрециях [2, 3]. В отечественной и зарубежной литературе результатов исследований видового разнообразия ортштейнов недостаточно.

Цель работы: охарактеризовать состав сообществ микроорганизмов почв и ортштейнов условно незагрязненных территорий.

В работе использовали образцы почвенного мелкозема и ортштейнов из почв условно незагрязненных территорий на юго-западе Приморского края. Общая ДНК была экстрагирована из 100 мг гомогенизованных образцов почвенного мелкозема и ортштейнов с использованием набора «Meta Soil» (Raissol<sup>TM</sup>, Россия) в соответствии с инструкциями производителя. В ходе работы проводилось метагеномное секвенирование V3-V4 вариабельных регионов гена 16s рРНК на секвенаторе Illumina NovaSeq.

Анализ показал, что Proteobacteria, Actinobacteria и Acidobacteria были доминирующими типами во всех исследованных образцах почвенного мелкозема и ортштейнов. Обилие этих типов в исследованных образцах варьировало в зависимости от глубины почвенных профилей.

Исследование почвенных горизонтов показало, что в почвенном мелкоземе и ортштейнах максимальное значение микробиологического сообщества было представлено Proteobacteria (80-90%). Исключением из этой закономерности были образцы почвенного мелкозема из верхнего горизонта (4-11 см). Такие образцы характеризовались высоким содержанием Acidobacteriota (20%) и Verrucomicrobiota (18%). Особенностью образцов из среднего горизонта (35–55 см) и нижнего (55-111 см) было большое количество Bacteroidota (7% и 10% соответственно). Обилие Actinobacteria и Acidobacteriota уменьшалось с глубиной залегания почвенного матрикса и ортштейнов.

Уменьшение численности и разнообразия микроорганизмов с глубиной залегания почвы объясняется уменьшением содержания питательных элементов и органического вещества, повышением кислотности и накоплением глинистой фракции, а также более длительными периодами заболачивания нижних горизонтов почвы. Основываясь на этом и упомянутом обилии преобладающих типов в исследованных образцах почвенного матрикса и клубеньков, мы можем предположить, что протеобактерии были более устойчивы к изменению условий почвенной среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 23-24-00255, <https://rscf.ru/project/23-24-00255/>).

#### *Список литературы*

1. Зайдельман, Ф.Р. Генезис и диагностическое значение новообразований почв лесной и лесостепной зон / Ф.Р. Зайдельман, А.С. Никифорова. // М.: МГУ им. М. В. Ломоносова – 2001. – 216 с.
2. Hu, M. Pyrosequencing revealed highly microbial phylogenetic diversity in ferromanganese nodules from farmland / M. Hu, F. Li, J. Lei // Environmental Science: Processes & Impacts Journal. – 2015. – Vol. 17. – P. 213-224.
3. Pirjo, Yli-Hemminki Iron–Manganese Concretions Sustaining Microbial Life in the Baltic Sea: The Structure of the Bacterial Community and Enrichments in Metal-Oxidizing Conditions / Yli-Hemminki Pirjo, S. K., Jorgensen, J. Lehtoranta // Geomicrobiology Journal. – 2014.– Vol. 31. – P. 263-275.

Медведева А.Д.<sup>1</sup>

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БИОСУРФАКТАНТОВ И ИХ РОЛЬ В ЖИЗНИ МИКРООРГАНИЗМОВ-ПРОДУЦЕНТОВ

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ДВФУ

<sup>1</sup> Научный руководитель - к.б.н., доцент А.В. Ким

Цель данной работы – на основе литературных данных дать общую характеристику биосурфактантам, изучить их биологическую роль в жизни микроорганизмов-продуцентов, а также выявить механизмы действия биосурфактантов в процессе биодеградации углеводородов нефти микроорганизмами.

Биосурфактанты представляют собой поверхностно-активные молекулы, в основном синтезируемые бактериями, микроскопическими грибами и дрожжами в виде вторичных метаболитов, которые либо секретируются внеклеточно, либо прикрепляются к поверхности клеток.

В жизни микроорганизмов-продуцентов биосурфактанты играют важную роль, поскольку могут влиять на изменение морфологии клеточной поверхности, разрушать микробные мембранны, проявляя антимикробное действие, а также на подвижность, вирулентность и процесс хемотаксиса. В том числе молекулы биосурфактантов повышают гидрофобность клеточной поверхности, тем самым увеличивают адгезивность бактериальных клеток, что имеет решающее значение как на начальных стадиях формирования биопленки, так и при ее деструкции [2].

Многие авторы отмечают, что биосурфактанты, синтезируемые разными микроорганизмами, способны растворять гидрофобные субстраты, такие как углеводороды, липиды, нефть и антибиотики [1]. А также участвуют в процессах солюбилизации, диспергации и десорбции нефтепродуктов, полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и тяжелых металлов [6]. Приблизительно 60-90% нефтяных соединений биоразлагаемы, но процесс биоразложения может быть очень медленным. По этой причине биосурфактанты используются для повышения биодоступности загрязняющих веществ, что является важным фактором для очистки от нефти [3].

Биосурфактанты обладают такими свойствами как низкая токсичность, высокая биоразлагаемость, а также функциональны в широком диапазоне температур, pH и солености [5]. В связи с чем рассматриваются в качестве перспективной замены химических поверхностно-активных веществ (ПАВ) и могут быть использованы в разных отраслях промышленности и экологии, таких как биоремедиация, здравоохранение, косметика, пищевая и нефтяная промышленность [4].

Однако, несмотря на потенциальные преимущества и перспективы использования биосурфактантов в биоремедиации, их применение до сих пор остается не до конца изученным и неоднозначным вопросом. В существующих работах, посвященных изучению и экспериментальному применению биосурфактантов, были достигнуты значимые результаты. Однако все еще существуют проблемы, требующие дополнительных исследований для лучшего понимания механизмов действия биосурфактантов в процессе биоремедиации [7].

### Список литературы

1. Ahmad, Z. Isolation, screening and functional characterization of biosurfactant producing bacteria isolated from crude oil contaminated site / Z. Ahmad, M. Arshad, H.N. Asghar, M.A. Sheikh, D.E. Crowley // Int. J. Agric. Biol. – 2016. – Vol.18, №3. – P.542-8.

2. Darwesh, O.M. Improving the bioremediation technology of contaminated wastewater using biosurfactants produced by novel bacillus isolates / O.M. Darwesh, M.S. Mahmoud, K.M. Barakat, A. Abuellil, M.S. Ahmad // Heliyon. – 2021. – Vol.7, №12. – e08616.
3. Eras-Muñoz, E. Microbial biosurfactants: a review of recent environmental applications / E. Eras-Muñoz, A. Farré, A. Sánchez, X. Font, T. Gea // Bioengineered. – 2022. – Vol.13, №5. – P.12365-91.
4. Jahan, R. Biosurfactants, Natural Alternatives to Synthetic Surfactants: Physicochemical Properties and Applications / R. Jahan, A.M. Bodratti, M. Tsianou, P. Alexandridis // Adv. Colloid Interf. Sci. – 2020. – Vol.275. – e102061.
5. Karlapudi, A.P. Role of biosurfactants in bioremediation of oil pollution-a review / A.P. Karlapudi, T.C. Venkateswarlu, J. Tammineedi, L. Kanumuri, B.K. Ravuru, V. ramu Dirisala, V.P. Kodali // Petroleum. – 2018. – Vol.4, №3. – P.241-249.
6. Li, X. Surfactants selectively reallocated the bacterial distribution in soil bioelectrochemical remediation of petroleum hydrocarbons / X. Li., Q. Zhao, X. Wang, Y. Li, Q. Zhou // Journal of hazardous materials. – 2018. – Vol.344. – P. 23-32.
7. Sharma, J. Biosurfactants: Potential Agents for Controlling Cellular Communication, Motility, and Antagonism / J. Sharma, D. Sundar, P. Srivastava // Front. Mol. Biosci. – 2021. – Vol.8. – e727070.

---

Новокшонова М. А.<sup>1</sup>

## ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПАТОГЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА У БАКТЕРИЙ, ОБИТАЮЩИХ В МОРСКОЙ СРЕДЕ

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

<sup>1</sup> Научный руководитель – к.б.н., доцент А. В. Ким

Микроорганизмы, как и другие организмы на Земле подвержены влиянию стрессовых факторов, под действием которых могут возникать как обратимые, так и необратимые физические и химические изменения [6]. В связи с этим, любой фактор окружающей среды, воздействующий на микроорганизм вне пределов нормы, может рассматриваться в качестве раздражителя или стрессора.

На основе литературных данных отмечено, что различные факторы среды влияют на изменение патогенности и вирулентности у патогенных и условно-патогенных бактерий [1]. Например, сапрофитоны, выделенные из морской среды в ответ на воздействие низких температур, солености и различных поллютантов, в частности тяжелых металлов могут сохранять на высоком уровне или повышать патогенный потенциал за счет изменения клеточных структур, активности ферментных систем, экспрессии определенных генов [1– 3]. Доказано, что низкая температура изменяет биохимические, адгезивные свойства и вирулентность у патогенных бактерий, в частности у иерсиний, сальмонелл и листерий, обитающих в морской воде [4].

В работе Ким А. В. было показано, что под действием антропогенного загрязнения сапротрофные микроорганизмы, выделенные из морских вод, также могут изменять свои биологические свойства, в частности приобретать факторы патогенности и обладать высокой вирулентностью [5]. На данный момент одной из проблем является биологическое загрязнение болезнестворными микроорганизмами, поступающими в морские воды за счет различных стоков, так как они могут быть причиной приобретения сапротрофными бактериями генов, ответственных за факторы патогенности, путем горизонтального переноса [7]. Существует вероятность того, что различные поллютанты (нефтеуглеводороды, фенолы, тяжелые металлы) могут выступать в качестве

стрессовых факторов, являющихся причиной не только фенотипической модификационной изменчивости, но и генетических изменений, приводящих к появлению агрессивных свойств у микроорганизмов [3].

#### *Список литературы*

1. Баснакьян, И. А. Стресс у бактерий / М: Медицина. – 2003. – 136 с.
2. Бузолева Л. С. Влияние тяжелых металлов на факторы патогенности у возбудителей сапрофитонозов / Л. С. Бузолева, Е. А. Богатыренко, А. В. Ким // Научный журнал «Фундаментальные исследования». – №10, часть 14. – 2014. – С. 3076-3079
3. Бузолева, Л. С. Проявление патогенных свойств у морских бактерий под влиянием антропогенного загрязнения / Л. С. Бузолева, А. В. Ким, Г. Г. Компанец, Е. А. Богатыренко // Экология человека. – 2016. – № 3. – С. 30–36.
4. Сомов, Г. П. Адаптация патогенных бактерий к абиотическим факторам окружающей среды / Г. П. Сомов, Л. С. Бузолева // М: Примполиграфкомбинат. – 2004. – 167 с.
5. Ким А.В. Влияние антропогенного загрязнения на таксономическое разнообразие и биологические свойства культивируемых бактерий акваторий Приморского края: специальность 1.5.15 «Экология»: Автореферат на соискание кандидата биологических наук / Ким А.В; Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии. — Владивосток. — 2022. — 22 с.
6. Нетрусов, А.И. Экология микроорганизмов: учебник для бакалавров / А.И. Нетрусов // отв. ред. А. И. Нетрусов. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт. – 2015. – 267 с.
7. Eskova, A.I. Horizontal Transfer of Virulence Factors by Pathogenic Enterobacteria to Marine Saprothetic Bacteria during Co-Cultivation in Biofilm / A.I. Eskova, B.G. Andryukov, A.A. Yakovlev, A.V. Kim, A.L. Ponomareva, V.S. Obuhova// BioTech – V. 11 (2) – 2022. – 17.

---

Писарева Е.О.<sup>1</sup>, Богатыренко Е.А.<sup>1</sup>, Дункай Т.И.<sup>1</sup>

#### **МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ В ИССЛЕДОВАНИИ БАКТЕРИАЛЬНОГО РАЗНООБРАЗИЯ МИКРОБИОМА КИШЕЧНИКА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА (*APOSTICHOPUS JAPONICUS*)**

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

<sup>1</sup> Науч. рук. – к.б.н., профессор кафедры биоразнообразия и морских биоресурсов Е.А. Богатыренко

Дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus* - морской огурец из семейства Stichopodidae [6], обитает на мелководье умеренных широт вдоль побережья Юго-Восточной Азии. Относится к важным объектам промысла в морях Дальнего Востока, являясь одним из самых дорогих и востребованных на международном рынке морепродуктов [2]. Кишечная микробиота - неотъемлемый фактор развития, роста и физиологического здоровья морского огурца *A. japonicus*, так как микробиом является ключевой частью пищеварительной, метаболической и защитной систем [1,9]. В последнее время в научной литературе стало появляться все больше работ, посвященных изучению составу и предполагаемым функциям кишечной микробиоты дальневосточного трепанга.

Преобладающими филумами кишечника *A. japonicus* являются Proteobacteria, Bacteroidetes, Firmicute и Actinobacteria. Менее представлены Verrucomicrobia, Chloroflexi, Acidobacteria и Fusobacteria. Доминирующим классом является Gammaproteobacteria, следующими по представленности - классы Flavobacteriia, Bacilli и Alphaproteobacteria [3, 4,5,8].

Предполагается, что микробиом кишечника участвуют в регенерации органа, влияя на скорость утилизации углеводов, протекание воспалительных реакций. Из бактериального сообщества, присутствующего в остатках пищевода и желудка после эвисцерации, а также из микробного сообщества воды, реконструируется микробиом регенерирующего органа. Так же предполагается, что микробиота кишечника играет важную роль непосредственно в явлении эстивации и некоторые виды могут являться биомаркерами этого состояния [7–10].

Изучение таксономического состава и функций бактериальных сообществ кишечника трепанга может использоваться для оценки состояния здоровья, поиска и создания пробиотических комплексов для улучшения качественных характеристик аквакультуры и борьбы с инфекционными заболеваниями.

Работа выполнена при финансовой поддержке ДВФУ (Программа стратегического академического лидерства «Приоритет-2030»: Мировой океан).

#### *Список литературы*

1. Максимова, С. Н. Характеристика трепанга как ценного объекта аквакультуры для получения физиологически полезных продуктов / С. Н. Максимова, А. Г. Ким, Е. В. Федосеева, Д. В. Полещук // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2017. – Т. 7. – №3 (22). – С. 92–98.
2. Перцева, А. Д. Биологически активные вещества дальневосточного трепанга / А. Д. Перцева // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2013. – Т. 30. – С. 137–139.
3. Gao, F. Bacterial community composition in the gut content and ambient sediment of sea cucumber Apostichopus japonicus revealed by 16S rRNA gene pyrosequencing / F. Gao, F. Li, J. Tan, J. Yan, H. Sun // PLoS One. – 2014. – Vol. 9 (6). – e100092.
4. Gao, F. Bacterial diversity of gut content in sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) and its habitat surface sediment / F. Gao, F. Li, J. Tan, H. Sun, J. P. Yan, // Ocean Univ. China. – 2014. – Vol. 13. – P. 303–310.
5. Kim, T. Y. Whole-Body Microbiota of Sea Cucumber (*Apostichopus japonicus*) from South Korea for Improved Seafood Management / T. Y. Kim, J. J. Lee, B. S. Kim, S. H. Choi // J Microbiol Biotechnol. – 2017. – Vol. 27 (10). – P. 1753–1762.
6. Selenka, E. Beiträge zur Anatomie und Systematik der Holothurien / E. Selenka // Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. – 1867.– Vol. 17 (2). – P. 291–374.
7. Wang, L. Characterization of the bacterial community in different parts of the gut of sea cucumber (*Apostichopus Japonicus*) and its variation during gut regeneration / L. Wang, X. Zhao, H. Xu, X. Bao, X. Liu, Y. Chang, J. Ding // Aquac Res. – 2018. – Vol. 49. – P. 1987–1996.
8. Yu, Z. Distinct microbiota assembly mechanisms revealed in different reconstruction stages during gut regeneration in the sea cucumber *Apostichopus japonicus* / Z. Yu, Z. Xue, C. Liu, A. Zhang, Q. Fu, K. Yang, F. Zhang, L. Ran // Microbiologyopen. – 2021. – Vol. 10 (6). – e1250.
9. Zhang, H. Genomic and Metagenomic Insights Into the Microbial Community in the Regenerating Intestine of the Sea Cucumber *Apostichopus japonicus* / H. Zhang, Q. Wang, S. Liu, D. Huo, J. Zhao, L. Zhang, Y. Zhao, L. Sun, H. Yang // Front Microbiol. – 2019. – Vol. 10. – e1165.
10. Zhang, H. Quantitative microbiome profiling links microbial community variation to the intestine regeneration rate of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* / H. Zhang, Q. Wang, J. Zhao, S. Liu, L. Zhang, Y. E. Zhao, H. Yang, L. Sun, // Genomics. – 2020. – Vol. 112 (6). – P. 5012–5020.

---

Русакова Д.А.<sup>1, 2</sup>

## ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ПСИХРОТОЛЕРАНТНЫХ БАКТЕРИЙ

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия

<sup>2</sup> ФГБУН «Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии»  
Дальневосточного отделения российской академии наук, Владивосток, Россия

<sup>1,2</sup> Научный руководитель – к.б.н. профессор М.Л. Сидоренко

В результате антропогенной нагрузки тяжелые металлы с выбросами дыма, пыли и аэрозоля попадают в почву [1]. Наличие тяжелых металлов снижает биологическую активность почвы, ослабляет ферментные системы [3] и минерализационные процессы, оказывает негативное действие на жизнедеятельность почвенной микробиоты [2]. Поэтому все еще одной из актуальных проблем в экологических исследованиях остается изучение роли микроорганизмов и их поведения в антропогенно-преобразованных условиях. Особый интерес вызывают психротолерантные бактерии, которые составляют значительный процент от всех бактерий, присутствующих в почвах, и представляют собой постоянный компонент почвенной микрофлоры независимо от сезона года. Таким образом, целью нашей работы стало, определить ферментативную активность почвенных психротолерантных бактерий в присутствии ионов тяжелых металлов.

Ферментативную активность 32 психротолерантных штаммов исследовали диско-диффузионным методом на стандартных субстратных питательных средах (казеин, липидный гомогенизат, пектин, крахмал) с добавлением солей тяжёлых металлов ( $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ) в ПДК и инкубировали при температуре 25°C в течении 7 суток.

В отношении протеазной активности выявлено угнетающее действие ионов никеля (0.05 и 0.1 г/л) кобальта (0.5 и 0.7 г/л) и меди (0.1 г/л) для 65% исследуемых штаммов. Установлен стимулирующий потенциал солей бария (1.0 и 1.5 г/л) для 50% исследуемых штаммов. Свинец и кадмий в средних концентрациях (0.1 и 0.001 г/л, соответственно) стимулируют до 47% исследуемых штаммов.

В отношении липазной активности выявлено угнетающее действие солей цинка (0.1 и 0.15 г/л), кобальта (0.05 и 0.07 г/л) и меди (0.08 и 0.1 г/л) для всех штаммов. Установлен стимулирующий потенциал солей свинца (0.1 г/л), кадмия (0.0005 г/л) и никеля (0.15 г/л) для более чем 50% исследуемых штаммов.

В отношении пектиназной активности выявлено угнетающее действие ионов никеля (0.015 г/л) кобальта (0.1- 0.8 г/л) и цинка (0.1-0.5 г/л) для 40% исследуемых штаммов. Полное подавление пектиназной активности для всех штаммов установлено в присутствии меди (0.08 и 0.1 г/л). Установлен стимулирующий потенциал ионов бария во всех концентрациях (0.5, 1.0, 1.5 г/л), при этом отмечено, увеличение количества активных штаммов с 19 до 34%. Обратная закономерность отмечена для кадмия (0.0005, 0.001, 0.003 г/л) – с увеличением концентрации металла процент штаммов, в отношении которых отмечен стимулирующий потенциал, уменьшается с 16 до 6%.

В отношении амилазной активности выявлено угнетающее действие свинца (0.25 г/л), цинка (0.15 г/л), кобальта (0.5-0.7 г/л) для 26% исследуемых штаммов. Полное подавление амилазной активности для всех штаммов установлено в присутствии меди (0.1 г/л). Установлен стимулирующий потенциал ионов бария, свинца и кадмия во всех концентрациях. Однако с увеличением концентрации свинца и кадмия, количество штаммов, в отношении которых отмечен стимулирующий потенциал,

уменьшается с 22 до 4% и с 16 до 6%, соответственно. Цинк и медь в минимальных концентрациях (0.5 и 0.02 г/л) стимулировали амилазную активность у 22% исследуемых штаммов.

Таким образом, ионы исследуемых металлов в ПДК действуют на ферментативный аппарат психротолерантных бактерий неодинаково, они не только угнетают ферментативную активность, но и стимулируют ее. Ионы бария могут рассматриваться в роли активаторов для усиления ферментативной активности психротолерантных бактерий.

#### *Список литературы*

1. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах / Ю.Н. Водяницкий // М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН. – 2008. – 85с.
2. Семенова И.Н. Изучение эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов в зоне влияния горнорудного производства / И.Н. Семенова, Г.Р. Ильбулова Я.Т. Суюндуков // Фундаментальные исследования. – 2011. – Том 2. – №11. – С. 410-414.
3. Shweta S. Extracellular lipase from *Pseudomonas aeruginosa* JCM5962(T): Isolation, identification, and characterization / S. Shweta, S. Mohammed, I. Aditi, I. Singh // International Microbiology. – 2018. – № 21. – Р. 197-205.

---

Рысева Ю. Ю.<sup>1</sup>, Лебедева Е. Г.<sup>2</sup>

### **ВЛИЯНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (La, Ce, Gd) НА РОСТ ГЕТЕРОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ**

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> ФГБУН «Дальневосточный геологический институт ДВО РАН»

<sup>2</sup> Научный руководитель – к.б.н., с.н.с. Е. Г. Лебедева

<sup>1</sup> Научный руководитель – к.б.н., профессор Е.А. Богатыренко

Редкоземельные элементы (РЗЭ) представляют собой группу критически значимых минеральных ресурсов [6], которые возможно добывать биотехнологическими методами с помощью микроорганизмов. Однако, многие аспекты взаимодействий микробов с этими металлами остаются малоизученными, в том числе – токсичность РЗЭ их влияние на метаболизм бактерий и грибов [3]. Большая часть имеющихся исследований посвящена действию РЗЭ на водные организмы в связи с угрозой загрязнения окружающей среды [2]. Целью данной работы являлось изучение роста гетеротрофных микроорганизмов, при различных концентрациях лантаноидов (La, Ce, Gd) и отбор устойчивых штаммов, обладающих потенциалом для биовыщелачивания.

Для тестирования было выбрано 17 штаммов гетеротрофных бактерий и 1 один штамм дрожжей, выделенных из грунта и подземных вод. Культивирование микроорганизмов проводилось на плотной модифицированной питательной среде YK ( $MgSO_4$  – 1,0 г/л; пептон – 5,0 г/л; дрожжевой экстракт – 5,0 г/л; глюкоза – 0,2 г/л;  $K_2HPO_4$  – 0,2 г/л; агар – 15,0 г/л; pH 6.5-7,0) [7] без добавления  $CaCO_3$ , для избежания образования нерастворимых Ln-карбонатных комплексов. Растворы солей ( $La(NO_3)_3$ ,  $Ce(NO_3)_3$ ,  $Gd(NO_3)_3$ ) готовили в дистиллированной воде, стерилизовали при 0,5 атм, расkapывали по чашкам и перемешивали с охлажденной до 40<sup>0</sup> С питательной средой. Изучаемые концентрации солей находились в диапазоне от 10 до 5000 мг/л. Культуры инкубировались в течение 7 суток при комнатной температуре, после чего визуально оценивался рост микробной биомассы.

Результаты исследования показали, что в сравнении с контролем не было видимых отличий в активности роста всех изучаемых штаммов при концентрации солей РЗЭ до 1000 мг/л включительно. Минимальная бактерицидная концентрация нитратов La составляла 4,0 г/л, Ce – 4,5 г/л, Gd – 3,5 г/л и выше. Дрожжи, идентифицированные как *Rhodotorula mucilaginosa*, оказались наиболее устойчивыми, они сохраняли способность развиваться при всех исследуемых концентрациях лантаноидов, хотя наблюдалось угнетение роста при содержании лантана от 4,0 г/л, церия – от 5,0 г/л и гадолиния от 3,5 г/л. Многие штаммы *Rhodotorula spp.* являются толерантными к токсичным концентрациям металлов [1]. Механизмы устойчивости этих дрожжей включают синтез шаперонов, белков окислительного стресса, а также каротиноидов [5]. Кроме того, присутствие металлов индуцирует продукцию экзополисахаридов [4].

На рисунке 1 можно увидеть резкие спады активности микробного роста при достижении определенных концентраций солей металлов. Так, на среде с 2,5 г/л La было способно расти 83% культур, а при 3,0 г/л – лишь 33%. Аналогично, на среде с 3,0 г/л Gd росло 66% штаммов, а при 3,5 г/л сохраняла способность к росту только одна культура – *R. mucilagenosa*. На средах, содержащих Ce в относительно низкой концентрации (2,5 г/л), полностью ингибиравался рост трети культур, чего не наблюдалось с остальными металлами. Для многих штаммов также было характерно изменение морфологии колоний в присутствии металлов. Главным образом, образование слизистых поверхностных структур и повышение пигментации.

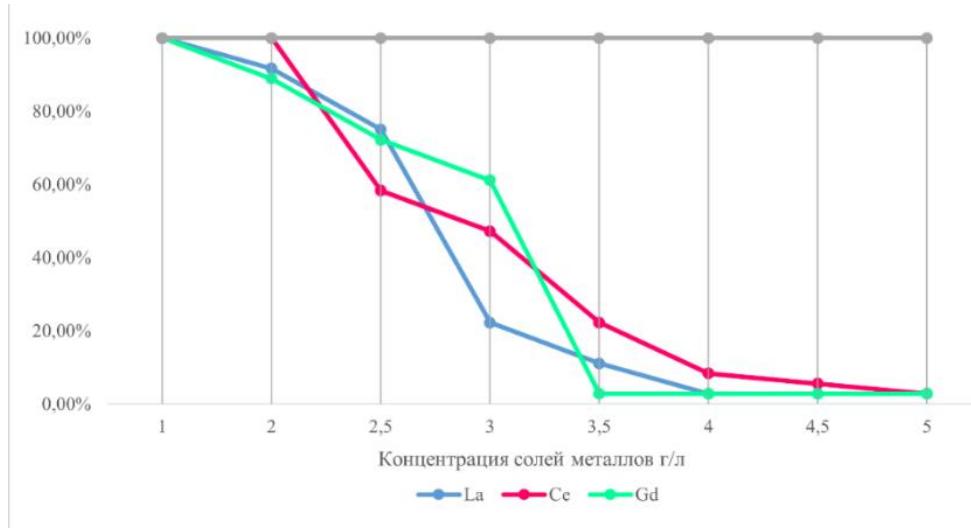


Рисунок 1 – Зависимость роста микробной биомассы от концентрации лантаноидов

Таким образом, были отобраны штаммы гетеротрофных микроорганизмов, проявляющих высокую устойчивость к ряду РЗЭ и обладающих потенциалом для их дальнейшего использования в целях биовыщелачивания РЗЭ (Табл. 1).

Таблица 1

Отобранные штаммы и максимальная концентрация Ln, не ингибирующая их рост (г/л)

№ штамма	Вид	La	Ce	Gd
Прим-83.1	<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>	5,0	5,0	5,0
T-5	<i>Pseudomonas veronii</i>	2,0	3,5	3,0
Алт-18	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	2,5	4,0	3,0
TM-23	<i>Brevibacterium linens</i>	3,5	2,0	3,0

*Список литературы*

1. Степанова В. П. Выявление адаптивности природных штаммов дрожжей к солям тяжёлых металлов и радионуклидов / В. П. Степанова [и др.] // Морской биологический журнал. – 2020. – Т. 5, №. 3. – С. 64-73.
2. Blinova I. Potential hazard of lanthanides and lanthanide-based nanoparticles to aquatic ecosystems: data gaps, challenges and future research needs derived from bibliometric analysis / I. Blinova [et al] // Nanomaterials. – 2020. – Vol. 10, No. 328.
3. Brandl H. Microbial mobilization of rare earth elements (REE) from mineral solids : a mini review / H. Brandl [et al.] // Microbiology. – 2016. – Vol. 2, No. 2. – P. 190-204.
4. Gonzalez Garza M. T. Metal-induced production of a novel bioadsorbent exopolysaccharide in a native Rhodotorula mucilaginosa from the mexican northeastern region / M. T. Gonzalez Garza [et al.] // PloS one. – 2016. – Vol. 11, No. 2.
5. Irazusta V., de Figueroa L. I. C. Copper resistance and oxidative stress response in Rhodotorula mucilaginosa RCL-11. Yeast isolated from contaminated environments in Tucumán, Argentina / V. Irazusta, L. I. C. de Figueroa // Bioremediation in Latin America: Current research and perspectives. – Cham : Springer International Publishing. – 2014. – P. 241-253.
6. Papangelakis V. G. Recovery of rare earth elements from clay minerals / V. G. Papangelakis, G. Moldoveanu // Proceedings of the 1st Rare Earth Resources Conference, Milos. – 2014. – P. 191-202.
7. Youchimizu, M., Kimura T. Study of intestinal microflora of Salmonids / M. Youchimizu, Kimura T. // Fish Pathology. – 1976. – Vol. 10, Issue 2. – P. 243-245

---

Ткачева К. В.<sup>1</sup>, Богатыренко Е. А.<sup>1</sup>, Ковалев Н. Н.<sup>2</sup>

**ХИТИНАЗЫ МОРСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ**

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Кафедра биохимии и биотехнологии ИМО ДВФУ

<sup>1</sup> Научный руководитель – к.б.н., профессор Е.А. Богатыренко

<sup>2</sup> Научный руководитель – д.б.н., профессор Н.Н. Ковалев

Хитин является вторым по распространенности полимером, широко содержащимся в различных структурах членистоногих животных (например, в панцире креветок или кутикуле насекомых), клеточных стенках некоторых грибов и водорослей [2]. В настоящее время с увеличением промысловой деятельности возрастает количество хитиносодержащих отходов, лишь малая часть которых идет на переработку, а основная доля утилизируется в море, где может накапливаться из-за трудно растворимых свойств хитина в воде [1]. Однако, благодаря микроорганизмам, выделяющим ферменты хитиназы, происходит экологически чистое разложение хитиновых веществ.

Цель работы – на основе литературных данных изучить хитиназы, выделяемые морскими микроорганизмами.

Хитиназы - ферменты, расщепляющие  $\beta$ -1,4-связи между молекулами N-ацетилглюкозамина хитина, их производят многие бактерии, грибы, животные и растения, но особый интерес ученых привлекают морские микроорганизмы, живущие в условиях бескислородной среды, гиперсолености, высокого давления и низких температур, что позволяет им получать набор минералов и элементов питания, недоступных наземным обитателям, и производить соединения с новыми структурами и свойствами [7].

На основе литературных данных отдел Ascomycota классы Eurotiomycetes, Sordariomycetes, Dothideomycetes являются наиболее распространенными в морской среде грибами, из которых выделяют высокоактивные хитиназы [3,5]. Большая часть бактерий, которые синтезируют хитинолитические ферменты, относится к типу Pseudomonadota классу Gammaproteobacteria [8]. Из микроскопических растений, выделяющих данный фермент, выделяется группа диатомовых водорослей класса Bacillariophyceae [4]. Свободноживущим представителям приходится зависеть от содержания субстрата в среде их обитания, поэтому многие из продуцентов хитиназ состоят во взаимовыгодных отношениях с водорослями, губками, моллюсками, мшанками, иглокожими, стрекающими и различными классами хордовых животных, которые обеспечивают микроорганизмам постоянный запас источника углерода и азота, поставляя взамен продукты распада хитина в виде микро- и макромолекул [8]. Кроме того, среди них есть патогены, вызывающие заболевания рыб, человека, зоопланктона, которые используют данные ферменты для паразитизма внутри хозяина [7].

Существует множество семейств хитиназ (КФ 3.2.1.14), но морские микроорганизмы выделяют в основном эндохитиназы GH18 и GH19, классы которых проявляют различные ферментативные свойства в зависимости от физико-химических условий окружающей среды, качества и доступности субстрата [8]. В основном хитиназы семейства GH19 обладают фунгицидной активностью относительно различных фитопатогенов и грибковых инфекций животных [6]. К тому же их применение имеет огромный биотехнологический потенциал, включая их в производство биополимеров, очистку окружающей среды или разработку новых препаратов для лечения инфекций, ран, опухолей и других заболеваний.

Таким образом, ферменты хитиназы, выделяемые микроорганизмами, обладают широким спектром действия, дешевизной и доступностью, представляя тем самым перспективное направление для научного развития и биотехнологического производства.

#### *Список литературы*

1. Мезенова, О. Я. Биопотенциал вторичного хитинсодержащего сырья и рациональные направления его использования // Известия КГТУ. – 2023. – №69.
2. Шайхиев, И.Г. Хитин и хитозан из личинок *hermetia illucens*: получение, свойства и перспективы использования / И.Г. Шайхиев, С.В. Свергузова, Н.А. Ушакова, Ж.А. Сапронова, Ю.С. Воронина // Экономика строительства и природопользования. – 2022. – №3. – С. 84.
3. Bonugli-Santos, R. C. Marine-derived fungi: diversity of enzymes and biotechnological applications / R. C. Bonugli-Santos, M. R. Dos Santos Vasconcelos, M. R. Passarini, G. A. Vieira, V. C. Lopes, P. H. Mainardi, J. A. Dos Santos, L. de Azevedo Duarte, I. V. Otero, A. M. da Silva Yoshida, V. A. Feitosa, A. Pessoa, L. D. Sette // Frontiers in microbiology. – 2015. – Vol. 6. – P. 269.
4. Cheng, H. Genome-wide identification of chitinase genes in *Thalassiosira pseudonana* and analysis of their expression under abiotic stresses / H. Cheng, Z. Shao, C. Lu, D. Duan // BMC plant biology. – 2021. – Vol. 21, №1. – P. 87.
5. Pasqualetti, M. Polyextremophilic Chitinolytic Activity by a Marine Strain (IG119) of *Clonostachys rosea* / M. Pasqualetti, S. Gorrasí, V. Giovannini, M. Braconcini, M. Fenice // Molecules. – 2022. – Vol. 27, №3. – P. 688.
6. Paulsen, S. S. Biological Potential of Chitinolytic Marine Bacteria. / S. S. Paulsen, B. Andersen, L. Gram, H. Machado // Marine drugs. – 2016. – Vol. 14, №12. – P. 230.
7. Pentekhina, I. Chitinolytic and Fungicidal Potential of the Marine Bacterial Strains Habituating Pacific Ocean Regions / I. Pentekhina, O. Nedashkovskaya, A. Seitkalieva, V. Gorbach, L. Slepchenko,

N. Kirichuk, A. Podvolotskaya, O. Son, L. Tekutyeva, L. Balabanova // Microorganisms. – 2023. – Vol. 11, №9. – P. 2255.

8. da Silva, D. M. G. Widespread occurrence of chitinase-encoding genes suggests the Endozoicomonadaceae family as a key player in chitin processing in the marine benthos / D. M. G. da Silva, F. R. Pedrosa, M. Ângela Taipa, R. Costa, T. Keller-Costa // ISME communications. – 2023. – Vol. 3, №1. – P. 109.

---

Тютина В.В.<sup>1</sup>, Валяев Д.А.<sup>1</sup>, Садыков А.Н.<sup>2</sup>

**ГРИБЫ КАК ЧАСТЬ СЕДИМЕНТОВ И АЭРОЗОЛЕЙ ПРИЗЕМНЫХ СЛОЕВ ВОЗДУХА В ГОРОДАХ РАЗНЫХ ПРИРОДНЫХ ЗОН (НА ПРИМЕРЕ СЫКТЫВКАРА, МОСКВЫ, КРАСНОДАРА И СОЧИ)**

<sup>1</sup> Кафедра Биологии почв Факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова

<sup>2</sup> Кафедра физики и мелиорации почв Факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова

<sup>1</sup> Научный руководитель – к.б.н., в.н.с. Иванова А.Е.

<sup>2</sup> Научный руководитель – д.б.н., проф. Умарова А.Б.

Сегодня существенное внимание уделяется санитарным и экологическим проблемам. Одним из наиболее распространенных способов биологического загрязнения является загрязнение воздушной среды у поверхности почвы твердыми атмосферными выпадениями (ТАВ). Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) относит взвешенные частицы PM<sub>2,5</sub> и PM<sub>10</sub> к основным веществам, загрязняющим воздушную среду. Из-за своих размеров они представляют опасность для здоровья человека, поскольку могут проникать в различные отделы дыхательной системы, накапливаться в них и вызывать ряд заболеваний.

По современным оценкам, аэрозоли содержат не только минеральные частицы, но также и биологические частицы, в том числе грибной "аэропланктон". Грибные пропагулы в аэрозолях могут влиять на формирование грибных сообществ в других компонентах экосистем [1]: споры грибов, взвешенные в аэрозолях и попавшие на поверхность почвы из воздуха, могут изменять состав и биоморфологическую структуру доминирующих видов почвенных грибов и потенциально опасных видов для человека и флоры. Измерение содержания и состава грибного аэропланктона в атмосфере является важным аспектом экологической, фитопатологической и гигиенической оценки атмосферных условий в городских экосистемах, что определяет актуальность темы исследования.

Целью данной работы явилась оценка уровней присутствия и состава грибного компонента в твердых атмосферных выпадениях разных функциональных зон (парковой и придорожной) городов различных природных зон (на примере Сыктывкара, Москвы, Краснодара и Сочи).

Отбор проб проводили летом 2022 года в течение 3 суток на каждой площадке. Воздушный аэрозоль отбирали аспиратором ПУ-1Б на высоте 1,5 и 0,1 м в 4-кратной повторности ежедневно. Твердые атмосферные выпадения отбирали методом седиментации в пластмассовые контейнеры в 3-кратной повторности, установленные на поверхности почвы. Биомассу грибов анализировали методом прямой люминесцентной микроскопии при окрашивании калькофлюором белым [2]. Выделение культивируемых грибов осуществляли посевом смывов на среду Чапека. Видовую идентификацию проводили по культурально-морфологическим и молекулярным свойствам.

Установлено возрастание в 2,5-3 раза грибной биомассы в составе городских седиментов в зональном ряду с севера на юг, происходящее в основном за счет увеличения биомассы спор средних

и крупных размеров. В то же время содержание фрагментов грибного мицелия крайне мало и уменьшается с севера на юг. Грибная биомасса в составе седиментов в парковой зоне выше, чем в придорожной, что показано для всех исследованных городов (Сыктывкар, Москва, Краснодар и Сочи). Объемы грибной биомассы в составе аэрозолей в летний период составляли до 1-2 мг/м<sup>3</sup>, причем, на высоте дыхания человека (1,5 м) грибной биомассы примерно в 1,5 раза меньше, чем над поверхностью почвы. Доля грибных частиц в составе фракций PM2,5 и PM10 аэрозолей достигает в парковой зоне ~ 40%, в придорожной ~ 50%.

Показано, что общее разнообразие культивируемых грибов в составе городских седиментов сопоставимо в исследованных городах, но выше в парковой зоне, чем в придорожной. В составе воздушных аэрозолей и седиментов на городской территории доминируют виды микромицетов, известные как условно-патогенные, их доля в общем разнообразии составляет 60-75%. Среди доминирующих видов преобладают грибы, споры которых входят в размерные фракции пылевых частиц PM2.5 и PM10.

#### *Список литературы*

1. Марфенина О.Е., Колосова Е.Д. Грибы приземных слоев воздуха: их экологическая роль и перспективы исследований / О.Е. Марфенина, Е.Д. Колосова // Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. М. – 2015. – С. 151-153.
2. *Методы почвенной микробиологии и биохимии* Учеб. пособие / Д. Г. Звягинцев // М.: Изд-во МГУ. – 1992. – 304 с. ил. ББК: 40.3 М54

## Раздел XI

# ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Алексеев В.А.<sup>1</sup>, Фролов К.Р.<sup>1,2</sup>

## ПРАВОВАЯ БАЗА, МЕТОДИКИ РАСЧЁТА И ОТЧЕТНОСТЬ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ОБЛАСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

<sup>1</sup>Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии, ПИ ДВФУ

<sup>2</sup>Департамент ядерных технологий, ИТПМ ДВФУ

Научный руководитель – к.х.н. К.Р. Фролов<sup>1,2</sup>

Законодательство Российской Федерации в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов совершенствуется в направлении всех видов негативного воздействия на окружающую среду: выбросов в атмосферный воздух, сбросов в водные объекты, образования отходов. В 2021 году в РФ был принят Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» № 296-ФЗ от 02.07.2021 г. Его целью является создание условий для устойчивого развития хозяйственной деятельности при снижении уровня выбросов парниковых газов [1]. Цель работы – охарактеризовать правовую базу, методики расчёта и формы отчетности в области углеродного регулирования в Российской Федерации.

Федеральный закон № 296-ФЗ определяет парниковые газы (ПГ) как «газообразные вещества природного или антропогенного происхождения, которые поглощают и переизлучают инфракрасное излучение». Выбросы парниковых газов, в свою очередь, рассматриваются как выбросы в атмосферный воздух парниковых газов, образуемых в результате осуществления хозяйственной и иной деятельности за определенный интервал времени [1]. Перечень парниковых газов, в отношении которых осуществляется государственный учет выбросов, был утвержден Распоряжением Правительства РФ от 22 октября 2021 г. № 2979-р [2], включает 34 наименования парниковых газов и коэффициенты пересчета величин их выбросов в эквивалент диоксида углерода.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели, хозяйственная и иная деятельность которых сопровождается выбросами парниковых газов, масса которых определяется в соответствии со статьей 7 Федерального закона № 296-ФЗ, относятся к Регулируемым организациям. Такие организации определяются на основании Критериев, которые утверждены Постановлением Правительства РФ от 14.03.2022 г. № 355 "О критериях отнесения юридических лиц и индивидуальных предпринимателей к регулируемым организациям" [3], деятельность которых сопровождается выбросами парниковых газов, масса которых эквивалентна 50 и более тысячам тонн углекислого газа в год за период с 1 января 2024 г.

Регулируемые организации ежегодно представляют в уполномоченный федеральный орган исполнительной власти отчеты о выбросах парниковых газов до 1 июля года, следующего за отчетным, в порядке и по форме, которые устанавливаются Правительством Российской Федерации. При этом юридические лица и индивидуальные предприниматели, не относящиеся к регулируемым организациям в аналогичном порядке также вправе представлять отчеты о выбросах парниковых газов, образовавшихся в результате осуществляющей ими деятельности.

Форма углеродной отчетности утверждена Постановлением Правительства РФ от 20.04.2022 г. № 707 "Об утверждении Правил представления и проверки отчетов о выбросах парниковых газов, формы

отчета о выбросах парниковых газов, Правил создания и ведения реестра выбросов парниковых газов и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации" [4].

Кроме указанной формы, Приказом Росстандарта от 30.09.2021 г. № 1029-ст утвержден и введен в действие ГОСТ Р ИСО 14064-1-2021. "Национальный стандарт Российской Федерации. Газы парниковые. Часть 1. Требования и руководство по количественному определению и отчетности о выбросах и поглощении парниковых газов на уровне организации" [5]. Он связан не только с прямыми, но и с косвенными выбросами парниковых газов, к которым относятся выбросы, являющиеся следствием операционной деятельности организации, но возникающие из источников ПГ, не принадлежащих организации и не контролируемых ею. Согласно стандарту, выбросы ПГ должны распределяться по следующим категориям [10]: а) прямые выбросы и поглощения ПГ; б) косвенные выбросы ПГ от импортированной энергии; с) косвенные выбросы ПГ от транспортирования; д) косвенные выбросы ПГ от продукции, используемой организацией; е) косвенные выбросы ПГ, связанные с использованием продукции, выпускаемой организацией; ф) косвенные выбросы ПГ из других источников.

Во всех случаях прямые выбросы количественно определяются в соответствии с Методикой, МПР РФ от 27.05.2022 № 371 "Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов" [6]. Методика подразумевает определение границ отчетности, категоризацию деятельности или исключение источников выбросов ПГ. Количественное определение выбросов парниковых газов для категорий источников осуществляется с использованием следующих методов: метод расчета на основе данных о деятельности и коэффициентов выбросов; метод расчета на основе материально-сырьевого баланса; метод расчета на основе периодических измерений выбросов парниковых газов; метод непрерывного мониторинга выбросов парниковых газов.

Расчет объема косвенных выбросов парниковых газов энергетики определяется в соответствии с Приказом Минприроды России от 29.06.2017 г. № 330 "Об утверждении методических указаний по количественному определению объема косвенных энергетических выбросов парниковых газов" [7]; определение объема выбросов в данной методике осуществляется региональным и рыночным методами.

В целях соблюдения вышеприведенных требований, в июне 2023 г. в Кодекс административных правонарушений РФ внесены изменения, согласно которым неисполнение требований в части непредставления или несвоевременного представления отчета о выбросах ПГ регулируемыми организациями с 1 июля 2025 г. влечет за собой предупреждение или наложение административного штрафа до пятисот тысяч рублей [8].

**Заключение.** С 2021 г., с принятием Федерального закона от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ "Об ограничении выбросов парниковых газов", регулирование коснулось аспекта НВОС предприятий: выбросы парниковых газов. С 1 января 2024 г. индивидуальным предпринимателям и юридическим лицам, деятельность которых связана с выбросами более 50 000 тонн CO<sub>2</sub> и соответствующая установленным критериям, вменяется обязательная сдача углеродной отчетности. Несоблюдение требований законодательства с 1 июля 2025 г. влечет за собой предупреждение или наложение административного штрафа до пятисот тысяч рублей.

#### *Список литературы*

1. Федеральный закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ "Об ограничении выбросов парниковых газов" // Собрание законодательства Российской Федерации от 2022 г., № 36, ст. 6260.
2. Распоряжение Правительства РФ от 22.10.2021 N 2979-р "Об утверждении перечня парниковых газов, в отношении которых осуществляется государственный учет выбросов парниковых

газов и ведение кадастра парниковых газов" // Собрание законодательства Российской Федерации от 2022 г., № 36, ст. 6260.

3. Постановление Правительства РФ от 14.03.2022 N 355 "О критериях отнесения юридических лиц и индивидуальных предпринимателей к регулируемым организациям" // Собрание законодательства Российской Федерации от 2022 г., № 12, ст. 1840.

4. Постановление Правительства РФ от 20 апреля 2022 г. № 707 «Об утверждении Правил представления и проверки отчетов о выбросах парниковых газов, формы отчета о выбросах парниковых газов, Правил создания и ведения реестра выбросов парниковых газов и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации, 2022, № 17, ст. 2914.

5. ГОСТ Р ИСО 14064-1-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Газы парниковые. Часть 1. Требования и руководство по количественному определению и отчетности о выбросах и поглощении парниковых газов на уровне организации / ООО «НИИ «Интерэком» совместно с ФГАУ «НИИ «ЦЭПП» – Москва : ФА по Техническому регулированию метрологии, 2021. – 50 с. – URL: <https://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=241438> (дата обращения: 12.03.2024).

6. Приказ Министерства природных ресурсов РФ от 27.05.2022 № 371 "Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов" // URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202207290034> (дата обращения: 12.03.2024)

7. Приказ Министерства природных ресурсов РФ от 29.06.2017 г. № 330 "Об утверждении методических указаний по количественному определению объема косвенных энергетических выбросов парниковых газов" // URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201710230028?ysclid=lgvxetnzru432991376> (дата обращения: 12.03.2024).

8. Федеральный закон "О внесении изменений в Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях" от 13.06.2023 N 218-ФЗ // URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202306130020> (дата обращения: 12.03.2024).

---

Гаврик А.Е.<sup>1</sup>, А.А. Ковшун<sup>1</sup>

## СРАВНЕНИЕ СХЕМ УТИЛИЗАЦИИ ЩЕЛОЧНЫХ ГИДРОЛИЗАТОВ ПЛОДОВЫХ ОБОЛОЧЕК РИСА С ПОЛУЧЕНИЕМ ТВЕРДЫХ ПРОДУКТОВ

<sup>1</sup>Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии ПИ ДВФУ

Научный руководитель – к.х.н. А.А. Ковшун<sup>1</sup>

Рисовая шелуха – многотоннажный побочный продукт производство риса, основными компонентами которого являются целлюлоза, лигнин и минеральная зола, состоящая из аморфного диоксида кремния. Утилизация рисовой шелухи – важная экологическая задача. Одним из способов утилизации является получение целлюлозы натронным способом. Главный побочный продукт такого производства – щелочной гидролизат, который из-за высокого содержания кремнезема в плодовых оболочках риса может служить источником биогенного диоксида кремния.

В работе [1] авторы исследовали щелочной гидролизат и предложили схему утилизации с выделением аморфного диоксида кремния. Перспективная схема утилизации представлена в работе [2],

на ее основе была разработан и предложена новая схема, обладающая сниженными показателями водопотребления и высокой степенью чистоты целевого продукта.

В качестве сырья была использована рисовая шелуха смешанных сортов с преобладанием сорта «Долинный». Гидролиз производился в соответствии со схемой, предложенной в работе [1].

Получены гидролизаты утилизировались различными способами. По первой схеме гидролизат упаривали, полученный сухой остаток прокаливали в муфельной печи при температуре 650 °C в течении 180 минут, прокаленный образец растворяли в дистиллированной воде и отфильтровывали. Добавлением концентрированного раствора соляной кислоты из фильтрата осаждали кремнийсодержащее вещество в виде кремниевой кислоты. Полученные образцы промывали от хлоридов и просушивали на воздухе. По второй схеме гидролизат утилизировали добавлением концентрированного раствора соляной кислоты с извлечение осажденного, кремнезема. Выход кремнезема по первой схеме утилизации составил 10-21 %, по второй – 9-11 %.

#### *Список литературы*

1. Состав и очистка сточных вод, образующихся при щелочном гидролизе рисовой шелухи/Л.А Земнухова, О.Д. Арефьева, А.А. Ковшун // Химия в интересах устойчивого развития. – 2011. – Vol. 19. – Р. 509-514.
2. A comprehensive green utilization strategy of lignocellulose from rice husk for the fabrication of high-rate electrochemical zinc ion capacitors / W. Zhang, W. Jian, J. Yin [et al.] // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 327. – P. 1-8.

---

Гришин Д.А.<sup>1</sup>

#### **ТЕМПЛАТНЫЙ СИНТЕЗ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АМОРФНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ**

<sup>1</sup>Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии ПИ ДВФУ

<sup>2</sup>Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ

Научный руководители – к.х.н. А.В. Ковехова<sup>1,2</sup>, д.х.н. О.Д. Арефьева<sup>1,2</sup>, к.х.н. Грибова В.В.<sup>1,2</sup>

Использование сельскохозяйственных ресурсов способствует образованию большого количества отходов, которые ежегодно накапливаются на зерноперерабатывающих производствах и наносят ущерб окружающей среде. В последние годы повысился интерес к отходам сельского хозяйства, как к перспективному сырью для получения многофункциональных материалов, полезных человеку. Примером этому могут служить пористые кремнийсодержащие материалы. Пористые материалы широко применяются в самых различных областях промышленности, что объясняется особым набором свойств, включая высокую химическую, термическую и механическую стабильность, низкую токсичность, адсорбционные свойства. Направление и эффективность использования пористых материалов определяется их текстурными характеристиками. В настоящее время для получения пористых материалов используется темплатный синтез.

Цель настоящей работы – исследовать свойства кремнезёмного материала, полученного из аморфного диоксида кремния в присутствии полиэтиленгликоля.

В качестве объекта исследования использовали аморфный кремнезём, полученный из рисовой шелухи (РШ).

Навеску предварительно промытой и высушенной рисовой шелухи массой 100 г, помещали в термостойкий стакан, добавляли 0,1 М раствор соляной кислоты в соотношении Т:Ж=1:13. Гидролиз проводили при нагревании до 90 °С в течение 1 ч при перемешивании. Твердый остаток отфильтровывали через фильтровальную бумагу «синяя лента», промывали до нейтральной реакции среды и высушивали, карбонизировали на плите при температуре 300–400 °С. Окислительный обжиг проводили в течение 3 часов в муфельной печи при 600 °С, далее образец охлаждали, перемешивали и повторно обжигали в тех же условиях, таким образом, общее время обжига в муфельной печи составило 6 ч. Для увеличения чистоты образца кремнезема его растворяли в минимальном объеме 1,0 М раствора гидроксида натрия и осаждали концентрированным раствором соляной кислоты при pH 6. Далее осадок промывали на фильтре до нейтральных промывных вод и высушивали. Выход аморфного диоксида кремния из шелухи риса составил 11,63±0,24 %. Продукт представляет собой порошок белого цвета.

Полученные после очистки образцы аморфного кремнезёма использовали для проведения темплатного синтеза (ТС). В качестве структуроуправляющего агента (СА) применяли полиэтиленгликоль-6000 (ПЭГ).

По данным рентгенофазового анализа полученный из плодовых оболочек риса образец диоксида кремния находится в аморфном состоянии. Результаты ИК спектроскопии образцов после темплатного синтеза в присутствии ПЭГ свидетельствуют об образовании химических связей между СА и кремнезёмом. По кривым ДТА установлено, что содержание ПЭГ в композитах близко к 9–12 %. Исследование адсорбционной активности по метиленовому синему прокаленных образцов после ТС показало, что образцы, полученные из растворов ПЭГ с концентрацией 10 и 20 ммоль/л, обладают большей сорбционной активностью по МС, чем исходный аморфный диоксид кремния.

---

В.О. Дряхлов<sup>1</sup>

## ПРИРОДОПОДОБНЫЕ МЕМБРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<sup>1</sup>Кафедра Инженерной экологии КНИТУ

Научный руководитель – д.т.н., профессор И.Г. Шайхиев<sup>1</sup>

В природе все вещества постоянно участвуют в круговоротах. Таким образом биосфера – единственная безотходная технология. В этой связи в промышленности находят применение природоподобные технологии. Например, отстойники, фильтры и аэротенки для очистки воды имитируют естественные процессы седиментации в водоемах, фильтрования через грунты и биокисления микроорганизмами, которые также протекают в естественной среде. К этой же категории относятся мембранные технологии. В природе мембранные предназначены для селективного транспорта необходимых веществ для организма, а в науке и технике используются для селективного отделения целевого продукта.

Благодаря исследованиям и разработкам рынок мембранных технологий в мире растёт. И в первую очередь это касается приоритетных отраслей – медицина, биотехнология и фармацевтика, энергетика, электроника и пищевая промышленность [1-2].

С позиции экологии все мембранные процессы можно отнести к энерго- и ресурсберегающим, т.к. позволяют значительно повысить выход целевого продукта, например, при использовании мембранных реактора с мембранным выделение целевого продукта или получение первапорацией 100% этилового спирта в отличие от гидратированного ректификационного. Кроме того, мембранные установки отличаются малой занимаемой площадью и низким использованием химических реагентов.

В то же время капитальные и эксплуатационные затраты могут быть выше традиционных технологических решений. Таким образом конечная рентабельность мембранных аппаратов будет определяться маржинальностью продукции.

Газоразделение - еще одна область применения мембран, имеющая непосредственное отношение к природоохранной деятельности. При разделении воздуха диффузионными (безпоровыми) мембранами обогащенная кислородом смесь используется для окисления сточных вод. Обедненный кислородом воздух применяется как среда для хранения сельскохозяйственной продукции с целью предотвращения гниения.

Другой важной экологической отраслью мембран является водоочистка, в которой приходиться конкурировать с более традиционными и доступными технологиями (отстойники, песколовки, фильтры, аэротенки), но не всегда более эффективными.

При этом обессоливание воды ввиду изученности процесса используется часто, а в случае более сложных гетерогенных смесей (ПАВ, углеводороды, ионы тяжелых металлов) применение мембранных технологий затрудняется необходимостью борьбы с концентрационной поляризацией.

Удаление природных солей (гидрокарбонатов, хлоридов, сульфатов кальция, магния, натрия, калия) осуществляется под действием давления  $\geq 5$  атм обратноосматической мембраной с размером пор  $\approx 0,1\text{--}2,0$  нм. В результате образуется фильтрат в виде очищенной воды, поступающей на дальнейшее использование, и концентрат солей, задерживаемый поверхностью фильтра. Кажущаяся простота процесса нивелируется необходимостью утилизации концентрированного рассола. Для этого применимы процессы выпаривания, мембранныго дожимания солей и закачки в пласт.

В качестве альтернативного варианта вторичного отстаивания после биологической очистки инженерными компаниями предлагается мембранный биореактор, устанавливаемый для отделения микроорганизмов от очищаемой воды непосредственно в аэротенке. Очевидным преимуществами являются большая эффективность, производительность и экономия площадей, а недостаток - увеличение издержек.

Значимым фактором внедрения более эффективных и дорогостоящих мембран является ужесточение экологических норм, что для развивающейся экономики может стать угнетением. В то же время при выборе систем очистки воды для личного пользования люди часто выбирают более затратные, но лучшие мембранные аппараты, в долгосрочной перспективе заботясь о собственном здоровье. Альтернативным вариантом является разработка технологических решений, способствующих повышению устойчивости мембран к концентрационной поляризации и, соответственно, снижению их себестоимости.

Традиционными решениями являются предварительная обработка разделяемого потока, изменение параметров мембранных разделений и регенерация мембран. Так, например, при мембранный очистки воды от ионов тяжелых металлов основной технологической идеей является подщелачивание смеси с целью укрупнения загрязняющих веществ и предотвращения забивания фильтров. В случае очистки от ПАВ предлагается его отделение от загрязнений и возврат в систему. Снижение скорости потока и повышение его температуры так же способствуют улучшению мембранных разделений, например, для высокомолекулярных соединений. Эффективность регенерации зависит от правильности выбора реагента - органические вещества очищаются растворами щелочей, масла и жиры - ПАВами, соли жесткости - растворами кислот [3-8].

#### *Список литературы*

1. Свитцов А.А. Введение в мембранные технологии, Москва, 2007

2. Челноков В.В., Михайлов А.В., Заболотная Е. Всемирный рынок мембранных технологий / Успехи в химии и химической технологии. 2020. № 3. С. 59-61.
3. И. Ш. Абдуллин, Е. С. Нефедьев, Р. Г. Ибрагимов, О. В. Зайцева, В. В. Парошин. Регенерация модифицированных композиционных мембран вчё-плазмой пониженного давления / Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 3. С. 35-40.
4. Разделение водонефтяной эмульсии полисульфонамидными мембранами, обработанными в потоке плазмы в среде аргона и воздуха/ И.Г. Шайхиев [и др.] // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. № 1. С. 139-142.
5. Treatment of waste water containing waste oil/ D.D.Fazullin[et all] // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. Т. 8. № 2. С. 14366-14374.
6. Effect of radiofrequency plasma treatment on the characteristics of polysulfonamide membranes and the intensity of separation of oil-in-water emulsions/ A.V.Fedotova[et all] // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2018. Т. 54. № 2. С. 174-179.
7. Shaikhiev I. G, Dryakhlov V. O, Fazullin D. D. Membrane treatment of water containing spentcoolingfluids //Черные металлы. 2020. № 7. 2020. С. 46-53.
8. Модификация полимерных мембран коронным разрядом / В.О. Дряхлов [и др.] // Мембранные технологии. 2020. Т. 10. № 3. С. 205-214.

---

Зуб С.Е.<sup>1</sup>, Арефьева О.Д.<sup>1,2,3</sup>

## КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ АНТИБИОТИКОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

<sup>1</sup>Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии, Политехнический институт ДВФУ

<sup>2</sup>Департамент ядерных технологий, ИТПМ ДВФУ

<sup>3</sup>Институт химии ДВО РАН

<sup>1</sup>Научный руководитель – д.х.н., О. Д. Арефьева<sup>1,2,3</sup>

Одним из загрязнителей компонентов окружающей среды являются антибиотики. Основные источники загрязнения – стоки фармацевтических предприятий, бытовые воды, смывы с полей и объектов животноводства [1, 2]. Эффективным методом удаления антибиотиков из различных сред является сорбция. Интерес представляют природные сорбенты, такие как алюмосиликаты, оксиды алюминия и кремния.

Цель работы: исследовать удаление антибиотиков из водных растворов кремнийсодержащими сорбентами, полученными из отходов производства риса.

Объектом исследования была шелуха и солома риса (*Oryza sativa*), отобранная в Приморском крае. В качестве стандартного раствора для определения содержания тетрациклина использовали раствор антибиотика в воде с концентрацией 0,1 мг/мл. Оптическую плотность раствора определяли на спектрофотометре UNICO-1201 при длине волны 355 нм. Эксперимент по сорбции тетрациклина кремнийсодержащими сорбентами из шелухи (РШ) и соломы (РС) риса проводили в статических условиях в течение 3, 5, 10, 15, 20, 30, 60 мин. Интегральные кривые кинетики сорбции были проанализированы при помощи моделей диффузационной (псевдопервого порядка, Морриса-Вебера) и химической кинетики (псевдовторого порядка) [3-6].

Кинетические исследования показывают, что процесс сорбции протекает достаточно быстро и через 20 мин практически заканчивается. Интегральная кривая кинетики сорбции характеризуются

перегибом с последующим выходом на плато через 20-30 мин от начала контакта фаз. Перегиб связан с формированием адсорбционного слоя тетрациклина на поверхности адсорбента.

Зависимости в координатах уравнения Морриса–Вебера не являются линейными ( $R^2 = 0,96\text{--}0,97$ ), что свидетельствует о смешанно-диффузионном механизме кинетики адсорбции, когда процесс не может однозначно лимитироваться внешней или внутренней диффузией. Линеаризация данных в координатах  $(-\ln(1-F)) - t$  указывает на влияние внешнедиффузионного механизма адсорбции. Для исследуемых сорбентов линейная зависимость наблюдается при малых временах контакта фаз, отклонение от линейности прослеживается при степени завершенности процесса  $F > 0,98$ . Нелинейная зависимость изменения адсорбции от времени свидетельствует о влиянии плёночной диффузии.

Для выявления вклада химического взаимодействия в общую скорость процесса использовали кинетические модель псевдовторого порядка. Рассчитанные значения коэффициентов детерминации по данному уравнению достаточно высоки ( $R^2 = 0,99$ ), что свидетельствует о применимости этой кинетической модели, т.е. вклад в кинетику вносит стадия собственно химической реакции между тетрациклином и функциональными группами сорбентов.

В результате обработки кинетических данных показано, что механизм сорбционного процесса тетрациклина на биогенных кремнеземах имеет сложный характер. В скорость сорбционного процесса вносят вклад как диффузионное лимитирование (внутри- и внешнедиффузионное), так и скорость химической стадии адсорбции. Наиболее адекватно общую картину адсорбции антибиотика отражает модель псевдовторого порядка.

#### *Список литературы*

1. Тимофеева, С. С. Антибиотики в окружающей среде: состояние и проблемы / С.С. Тимофеева, О.С. Гудилова // XXI век. Техносферная безопасность. – 2021. – №3 (23). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/antibiotiki-v-okruzhayushey-srede-sostoyanie-i-problemy> (дата обращения: 09.10.2023).
2. Лыков, И. Н. Фармацевтическое загрязнение окружающей среды / И. Н. Лыков // Проблемы региональной экологии. – 2020. – №3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/farmatsevticheskoe-zagryaznenie-okruzhayushey-sredy> (дата обращения: 11.10.2023).
3. Ho, Y. S. Kinetics of pollutant sorption by biosorbents: review / Y. S. Ho, J. C. Y. Ng, G. McKay – DOI 10.1081/SPM-100100009 // Separation and purification methods. – 2000. – Vol. 2, N 29. – P. 189-232
4. Douven, S. The range of validity of sorption kinetic models / S. Douven, C. A. Paez, C. J Gommes // Journal of colloid and interface science. – 2015. – N 448. – P. 437-450
5. Javadian, H. Application of kinetic, isotherm and thermodynamic models for the adsorption of Co(II) ions on polyamidine/polypyrrole copolymer nanofibers from aqueous solution / H. Javadian – DOI 10.1081/SPM-100100009 // Journal of industrial and engineering chemistry. – 2014. – Vol. 6, N 20. – P. 4233-4241
6. Boyd, G. V. Chromatographic method for the determination of ions / G. V. Boyd, A. V. Adamson, L. S. Mayers. // Chemistry. – 1949. – P. 333.

Марченко А.В.<sup>1,3</sup>, Арефьева О.Д.<sup>1,2,3</sup>, Васильева М.С.<sup>3,4</sup>

## МЕХАНИЗМ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ ДЕГРАДАЦИИ МЕТИЛОВОГО ОРАНЖЕВОГО В ПРИСУТСТВИИ ZnO/SiO<sub>2</sub>

<sup>1</sup>Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии, Политехнический институт ДВФУ

<sup>2</sup>Департамент ядерных технологий, ИТПМ ДВФУ

<sup>3</sup>Институт химии ДВО РАН

<sup>4</sup>Департамент химии и материалов, ИТПМ ДВФУ

Научный руководитель – д.х.н., О.Д. Арефьева<sup>1,2,3</sup>

Одним из перспективных и наиболее инновационных видов передовых окислительных процессов считается фотокатализ, достоинством которого является отсутствие каких-либо дополнительных способов доочистки стоков. Так, на сегодняшний день идет активная разработка фотокатализаторов на основе полупроводниковых материалов с инертной матрицей, таких как ZnO/SiO<sub>2</sub>. Вопрос механизма фотокатализа в присутствии таких материалов остается исследованным не до конца. В частности, природа активных частиц ( $\cdot\text{HO}$ ,  $\text{O}_2^{\bullet-}$ ,  $\text{h}^+$ ,  $e^-$ ), участвующих в деградации органических соединений, все еще является предметом изучения.

Цель настоящей работы – изучение механизма деградации метилового оранжевого с использованием скавенджеров активных частиц в присутствии фотокатализатора ZnO/SiO<sub>2</sub>.

В данном исследовании образец фотокатализатора с массовой долей ZnO 40 % и SiO<sub>2</sub> 60 % синтезирован золь-гель методом с матрицей из ксерогеля диоксида кремния, полученного из биогенного кремнезема, и  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Образец был прокален при 350 °C со скоростью 2 °C/мин в течение 30 минут (образец Zn-Si-0,4-350 кс). Кремнезем был получен из рисовой шелухи сорта риса «Долинный» (Приморский край, п. Тимирязевский) окислительным обжигом с предварительной обработкой 0,1 M раствором соляной кислоты [2].

Полученный фотокатализатор был исследован методами ИК-спектроскопии, сканирующей электронной спектроскопии, рентгенофазового, энергодисперсионного и рентгенофлюoresцентного анализов.

Для оценки механизма фотокаталитической деградации метилового оранжевого (МО) в присутствии Zn-Si-0,4-350 кс при воздействии УФ-света использовали п-бензохинон (BQ), оксалат натрия ( $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ), перекись водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) и трет-бутиловый спирт (t-buOH) в качестве скавенджеров супероксидных радикалов ( $\text{O}_2^{\bullet-}$ ), дырок ( $\text{h}^+$ ), электронов ( $e^-$ ) и гидроксильных радикалов ( $\cdot\text{OH}$ ), соответственно.

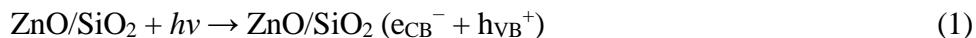
Согласно результатам рентгенофлюoresцентного анализа, полученный образец содержит оксид цинка (28 %) и диоксид кремния (72 %). ИК-спектр содержит полосы поглощения при 783 и 1043  $\text{cm}^{-1}$ , отвечающие валентным колебаниям силоксановых связей в силикатах Si-O-Si. Полоса поглощения при 1427  $\text{cm}^{-1}$  советует валентным колебаниям карбонат-иона. Полосы поглощения в области 420-432  $\text{cm}^{-1}$  отвечают связям ZnO.

Согласно результатам рентгенофазового анализа, образцы находятся в аморфно-кристаллическом состоянии, в кристаллической фазе идентифицирован гексагональный фотоактивный ZnO.

Исследование морфологии поверхности показало, что образцы имеют развитую поверхность с цветковой структурой, при этом оксид цинка распределен неравномерно.

Изучение механизма фотокаталитической деградации красителя в условиях облучения УФ-светом показало, что наибольшее снижение  $\chi$  для наблюдалось при использовании BQ, t-buOH и  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Степень деградации МО при использовании  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  статистически не отличаются друг от друга. Исходя из

вышеизложенных результатов, в процессе деградации МО участвуют  $\cdot\text{OH}$ ,  $\text{O}_2^\cdot$  и  $\text{e}^-$ . Следовательно, механизм деградации красителя может быть представлен следующими реакциями:



Во процессе фотокатализитической реакции  $\text{ZnO/SiO}_2$  возбуждают УФ-светом в результате чего генерируется электронно-дырочная пара, которая диффундирует к поверхности (уравнение 1). Фотогенерированный электрон может образовывать супероксидный анион-радикал при взаимодействии с адсорбированным кислородом (уравнение 2). Анион суперпероксидного радикала может вступать в реакцию с протоном водорода, в результате которой образуются на гидропероксидные радикалы. Далее гидропероксидные радикалы взаимодействуют с образованием пероксида водорода, который в свою очередь распадается на гидроксильные радикалы (уравнения 3-5). Присутствие многочисленных  $\text{O}_2^\cdot$  и  $\cdot\text{OH}$  способствует разложению МО в водном растворе (уравнение 6).

Таким образом, в работе получены фотоактивные материалы на основе  $\text{ZnO/SiO}_2$ . Изучен механизм фотокатализитического разложения красителя метилового оранжевого в присутствии  $\text{ZnO/SiO}_2$  в условиях облучения УФ-светом. Установлено, что основной вклад в процесс разложения красителя вносят супероксидные и гидроксильные радикалы.

*Исследование выполнено в рамках в рамках государственного задания Института химии ДВО РАН (проект № FWFN(0205)-2022-0003, тема 2, раздел 1).*

#### Список литературы

1. Свойства аморфного кремнезема, полученного из отходов переработки риса и овса / Л. А. Земнухова, А. Г. Егоров, Г. А. Федорищева [и др.]. – DOI 10.1134/S0020168506010067 // Неорганические материалы. – 2006. – Т. 42, № 1. – С. 24-29.

---

Пустовойт К.Д.<sup>1</sup>

#### УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИЕ СОРБЕНТЫ ИЗ ПЛОДОВЫХ ОБОЛОЧЕК ПОДСОЛНЕЧНИКА

<sup>1</sup>Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии ПИ ДВФУ

<sup>2</sup>Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ

<sup>3</sup>Институт химии ДВО РАН

Научные руководители – к.х.н. А.В. Ковехова<sup>1,2</sup>, д.х.н. О.Д. Арефьева<sup>1,2</sup>

Нефть является одним из важнейших источников энергии на данный момент. С учетом ее оборота и добычи разливы в водную среду практически неизбежны. За многие десятилетия было разработано большое количество способов очистки морской воды от нефтяных разливов, однако не все они одинаково удовлетворяют определенным требованиям. Исследования загрязнения нефтью должны постоянно прогрессировать, чтобы идти в ногу с новыми рисками разливов нефти и среды, в которой они происходят. При оценке и выборе метода очистки исходят в основном из экологического и экономического факторов. По типу воздействия выделяют следующие методы очистки: термический,

механический, химический, микробиологический, локализационный, физико-химический, биосорбционный, магнитный, флотационно-кавитационный и адсорбционный [1].

Цель работы: исследовать физико-химические характеристики и сорбционные свойства материалов, полученных из плодовых оболочек подсолнечника.

В качестве объекта исследования использовали сорбенты из плодовых оболочек (шелухи, лузги) подсолнечника (Алтайский край, урожай 2022 г.).

Образцы сорбентов получали сжиганием в алюминиевых конвертах [2] (2 ч, 400 °C, скорость нагрева 10 °C/мин) исходной подсолнечной шелухи (ПШ-БО), шелухи после кислотного (ПШ-КГ) и водного гидролизов (ПШ-ВГ). Гидролиз сырья проводился в 0,1 моль/л растворе соляной кислоты с при нагревании до 90 °C в течение часа на верхнеприводной мешалке с перемешивающим устройством пропеллерного типа. Объемное соотношение Т:Ж составляло 1:13. Гидролизат отфильтровывали, остаток шелухи промывали дистиллированной водой до нейтральных промывных вод и высушивали.

Выход образцов составил 30-33 % от массы сырья в зависимости от схемы получения. Данна сравнительная характеристика образцов по физико-химическим показателям. Установлено, что насыпная плотность образцов изменяется от 136 до 144 кг/м<sup>3</sup>, значение pH водной вытяжки – от 5,1 до 8,6, содержание водорастворимых веществ – от 2,2 до 2,4 %, зольность – от 2 до 7 %. Установлена адсорбционная активность полученных сорбционных материалов по йоду (24-38 %), метиленовому синему (66-70 мг/г) и метиловому оранжевому (10-17 мг/г). Показано, что наибольшей сорбционной емкостью по йоду и метиловому оранжевому характеризуется образец после водного гидролиза. Адсорбционная активность полученных материалов по метиленовому синему не зависит от способа получения сорбентов.

Извлечение растворенных нефтепродуктов показало, что при соотношении сорбент: раствор 1:250, значения сорбции всех исследованных образцов выше, чем при соотношении 1:100.

#### *Список литературы*

1. Исследование методов очистки вод от загрязнений нефтью и нефтепродуктами / Н.М. Привалова, М. В. Двадненко, А. А. Некрасова [и др.] // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 113. – С. 307-316.
2. Arnal, P. M. Baking sunflower hulls within an aluminum envelope in a common laboratory oven yields charcoal / P. M. Arnal // MethodsX. – 2015. – № 2. – Р. 198-203.

---

Савченко А.Е.<sup>1</sup>, Арефьева О.Д.<sup>1,2,3</sup>

#### **ПРИМЕНЕНИЕ ОБОРОТНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ В СХЕМЕ ПОЛУЧЕНИЯ АМОРФНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ**

<sup>1</sup>Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии ПИ ДВФУ

<sup>2</sup>Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ

<sup>3</sup>Институт химии ДВО РАН

Научный руководитель – д.х.н. О.Д. Арефьева<sup>1,2,3</sup>

Рис является основным источником пищи для миллиардов людей. Поля для возделывания риса занимают 1 % поверхности Земли. Ежегодно в мире производится около 600 миллионов тонн риса, на каждую тонну которого приходится около 220 кг шелухи [1].

Анализ имеющихся данных о химическом составе рисовой шелухи из различных стран, включая западный мир и Азию, позволил определить средний состав рисовой шелухи в пересчете на сухое вещество: зола (20 %), лигнин (22 %), целлюлоза (38 %), пентозаны (18 %) и другие органические вещества (2 %) [2].

Высокое содержание кремнезема в золе рисовой шелухи делает её экономически выгодным сырьем для производства кремнийсодержащих материалов, силикагелей и порошков [3, 4].

В настоящее время предложены методы получения аморфного кремнезема из рисовой шелухи, но наиболее распространенный – термический. Суть данного метода заключается в обжиге рисовой шелухи, в процессе которого происходит карбонизация органических веществ с образованием углекислого газа. Как правило, перед обжигом шелуха подвергается обработке реагентами для экстракции органических соединений и солей. В результате получается зола, содержащая более 90 % аморфного кремнезема. При использовании термического метода образуется большое количество сточных вод, которые загрязнены кислотами, полисахаридами и фенольными соединениями. Поэтому стоит вопрос о разработке способов сокращения количества сточных вод и их последующей очистки.

Цель работы – разработать обратную схему использования технической воды при получении аморфного диоксида кремния из рисовой шелухи.

Объектом исследования была шелуха риса сорта «Долинный», отобранная в Приморском крае.

В настоящей работе проводили 10 циклов получения аморфного кремнезема из рисовой шелухи. Цикл получения аморфного кремнезема состоял из четырех стадий. На первой стадии отбирали навеску шелухи и смешивали с жидкой фазой в соотношении Т:Ж, равном 1:13. В первом цикле в качестве жидкой фазы использовали 0,1 М раствор HCl. На второй стадии проводили гидролиз сырья при нагревании до 90 °C и поддержании температуры в течении 60 минут при постоянном перемешивании. На третьей стадии, смесь отфильтровывали с получением гидролизата и волокнистого остатка, который промывали дистilledированной водой. На четвертой стадии волокнистый остаток подвергали термическому обжигу в муфельной печи в течении 3 часов при температуре 650 °C с получением аморфного диоксида кремния.

Обратный принцип использования воды заключался в отборе гидролизата и промывной воды, их смешивании и доведении значения pH до требуемой величины для дальнейшего использования в следующем цикле в качестве жидкой фазы для проведения кислотного гидролиза рисовой шелухи.

В работе были изучены основные параметры обратной схемы получения аморфного диоксида кремния из рисовой шелухи. Показано, что в предлагаемой обратной схеме в течении 10 циклов остаются стабильными такие показатели, как объем и pH гидролизата, объем и pH промывной воды. Видно, что с увеличением количества циклов происходит повышение концентрации взвешенных веществ и ХПК в гидролизате и промывной воде.

Выход кремнезема в течении первых шести циклов остается стабильным (8,1 - 8,3 г), далее с увеличением количества циклов видна тенденция возрастания массы целевого продукта (8,9 - 9,3 г), что, в совокупности с изменением цвета полученного порошка, может косвенно указывать на загрязнение.

Таким образом, предложенная в работе обратная схема использования технической воды в течении 10 циклов является перспективной для получения аморфного диоксида кремния.

#### *Список литературы*

1. Adam, F. The utilization of rice husk silica as a catalyst: Review and recent progress / F. Adam, J.N. Appaturi, A. Iqbal. – DOI: 10.1016/j.cattod.2012.04.056 // Catalysis Today. – 2012. – V. 190. – P. 2–14.

2. Adam, F. Iron incorporated heterogeneous catalyst from rice husk ash / F. Adam, K. Kandasamy, S. Balakrishnan. – DOI: 10.1016/j.jcis.2006.08.051 // Catalysis Today. – 2006. – V. 304. – P. 137.
3. Shen, Y. Rice husk silica derived nanomaterials for sustainable applications / Y. Shen. – DOI: 10.1016/j.rser.2017.05.115 // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – V. 80. – P. 453–466.
4. Kamath, S. R. Silica gel from rice hull ash: preparation and characterization / S. R. Kamath, A. Proctor. – DOI: 10.1094/CCHEM.1998.75.4.484 // Cereal Chemistry Journal. – 1998. – V. 75. – P. 484–487.

Харченко В.Г.<sup>1</sup>, Ориничева П.Д.<sup>1</sup>, Цыганок В.С.<sup>1</sup>, Фролов К.Р.<sup>1,2</sup>

## ХВОСТОХРАНИЛИЩА ДАЛЬНЕГОРСКОГО ГОК: ХАРАКТЕРИСТИКА ОТХОДОВ, ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ГИДРОСФЕРУ

<sup>1</sup>Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии, ПИ ДВФУ

<sup>2</sup>Департамент ядерных технологий, ИТПМ ДВФУ

Научный руководитель – к.х.н. К.Р. Фролов<sup>1,2</sup>

Дальнегорский ГОК – предприятие на Дальнем Востоке России разрабатывающее месторождение боросиликатных скарнов. Из руды здесь производят борную кислоту и борный ангидрид, а хвосты обогащения размещаются на каскаде хвостохранилищ. В результате взаимодействия хвостов обогащения с агентами выветривания (атмосферные осадки и воздух, градиент температур) образуются техногенные растворы: шламовые и дренажные воды хвостов обогащения. Цель работы – характеризовать отходы и влияние комплекса хвостохранилищ Дальнегорского ГОК на гидросферу.

На первом этапе работы согласно Приказу Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 4 декабря 2014 г. № 536 [1] был рассчитан класс опасности отходов борогипса. В основе расчета лежит состав борогипса, определенный методами рентгенофлуоресцентного и химического анализа; к компонентам отхода относятся: оксид кремния, оксид алюминия, оксид железа (III), оксид марганца (II), оксид магния, оксид кальция, оксид бора, сульфат-анион [2]. На втором этапе работы на основании данных по химическому составу проб техногенных вод хвостохранилищ (шламовые и дренажные) и природных вод р. Рудная в зоне его влияния (до и после сброса дренажа), которые были отобраны авторами работы в 2018-2023 гг. согласно схеме (рисунок 1) и проанализированы в ЦКП ДВГИ ДВО РАН методами ИСП-АЭС и ИСП-МС.



Рисунок 1. Схема отбора проб: 1 – пробы природных вод р. Рудная выше комплекса XB; 2 – шламовые воды каскада действующих XB; 3 – шламовые воды закрытого XB; 4 – дренажные воды комплекса XB; 5 – природные воды р. Рудная ниже комплекса XB

В соответствии с проведенными расчетами, степень опасности борогипса для окружающей среды составляет 64,49. Согласно Критериям отнесения отходов к I-V классам опасности, полученное значение относится к IV классу. Таким образом согласно в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ, хвосты обогащения Дальнегорского ГОК относятся малоопасными отходами, имеют низкую степень негативного воздействия на окружающую среду.

Анализ гидрохимических проб вод показал, что в техногенных водах комплекса хвостохранилищ Дальнегорского ГОК многократные превышены ПДК<sub>рыб.хоз.</sub>[3]: В (до 20 раз), Ni (6,5), Cu (4), Zn (15), As (1,2), Mn (92) и Ca (1,9). В точке после сброса дренажа в р. Рудная наблюдались превышения ПДК<sub>рыб.хоз.</sub>: по В – до 4,4, Cu – 14,5, Zn – 6,7 Al – 17,8 и Mn – 2,1 раза.

#### *Список литературы*

1. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Приказ от 04 декабря 2014 № 536 Об утверждении Критерииов отнесения отходов к I-V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду. – Москва : МПР РФ, 2014. – 17 с.
2. Ярусова С. Б. Синтез силикатов кальция в многокомпонентных системах и их физико-химические свойства : автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. хим. наук / С. Б. Ярусова. – ИХ ДВО РАН, Владивосток, 2010. – 31 с.
3. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Приказ от 13 декабря 2016 г. № 552: Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. – Москва : Минсельхоз России, 2016. – 78 с.

## Раздел XII ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Апенко Т.С.<sup>1</sup>, Брикман А.В.<sup>1</sup>, Гилёв А.М.<sup>1</sup>, Науменко М.М.<sup>2</sup>, Гоменюк Р.А.<sup>3</sup>

### ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОУГЛЯ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ В ГИДРОПОНИКЕ

<sup>1</sup> Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ, г. Владивосток

<sup>2</sup> МБОУ СОШ №6, г. Уссурийск

<sup>3</sup> МБОУ СОШ №8, г. Уссурийск

<sup>1</sup> Научный руководитель - к.б.н., доцент кафедры почвоведения Нестерова О.В.

Гидропоника — это способ выращивания растений без использования почвы. Основное питание растений обеспечивается за счет подготовленного питательного раствора, состоящего из воды и удобрений [3]. В гидропонике применяются различные органические, минеральные и органо-минеральные удобрения. Внесение удобрений предполагает точное дозирование жидкого концентрата или сухого реагента на оптимальный объем воды [2]. В настоящее время разрабатываются все больше новых удобрений, которые будут выгодным продуктом для гидропонного выращивания. Инновационными удобрениями являются удобрения, созданные на основе остатков производственного сырья, которые проходят термическую обработку и могут использоваться гидропонике. Примером такого удобрения может служить биоуголь. Биоуголь имеет широкий диапазон применения и положительные свойства, влияющие на урожайность растений [1]. Биоуголь представляет собой продукт пиролизного сжигания биомассы в атмосфере с обедненным содержанием кислорода. Является природным органо-минеральным удобрением и часто используется в почве для повышения урожайности [1]. Однако при правильном подходе биоуголь возможно использовать и в гидропонной установке в качестве удобрения.

Целью работы является изучение влияния биоугля, как удобрения, в гидропонной системе для выращивания растений.

Объектом исследования представлен биоуголь, полученный путем пиролизного сжигания органического материала (водоросль Анфельция) при температуре 500 °C с обеднённым содержанием кислорода. Для оценки эффективности применения биоугля в гидропонике выращивали растения базилика фиолетового. В качестве минеральных удобрений использовалась трехкомпонентная система удобрений GHE, с компонентами Grow, Micro и Bloom. В ходе исследования использовались три питательных раствора: 1) раствор с применением удобрений в соотношении 1 мл удобрений на 1 л воды; 2) водный раствор с биоуглём; 3) раствор с удобрениями и с биоуглём. Биоуголь был помещен в специальные пакетики, которые пропускают влагу, после чего его закрепили к каждому посадочному месту с растениями. При выращивании базилика проводились замеры питательных растворов, такие как содержание солей (ppm) с помощью прибора TDS метр EC59 Milwaukee и реакция среды (pH) прибором pH/Temp метр pH56 Milwaukee. А также измерялись морфологические параметры растений, такие как рост (см).

Исследования показали, что в растворе с минеральными удобрениями pH среды изначально был слабокислым (6,6) и снизился к кислой реакции к концу измерений, достигнув значения 6,0. Содержание солей в растворе сократилось с 770 ppm до 571 ppm, в то время как средний прирост растений составил 4,1 см. При использовании водного раствора с биоуглем pH также был слабокислым,

варьируя от 6,2 до 6,9, но к концу опыта снизился в сторону кислой реакции среды. Содержание солей повысилось с 146 ppm до 179-199 ppm, и средний прирост растений составил 3,1 см. В растворе совместного использования минеральных удобрений и биоугля - pH варьировался от 7,0 до 8,1 от нейтральной до слабощелочной и в конце опыта pH стал слабощелочным. Содержание солей понизилось с 806 до 542 ppm, а средний прирост растений составил 4,8 см (таблица).

*Таблица*

**Показатели питательных растворов и растений за вегетационный период**

Показатели Дата	Питательный раствор		Морфология растений Рост растений, (см)	Масса (м) г	
	pH среды	Содержание солей (ppm)		Зеленая часть	Корни
<b>Раствор с минеральными удобрениями (контроль)</b>					
05.04.2024	6,6	770	3,0 <sub>(min)</sub> – 14,0 <sub>(max)</sub>	28,4	3,3
10.04.2024	6,7	666	3,4 <sub>(min)</sub> – 18,1 <sub>(max)</sub>		
17.04.2024	6,0	571	4,5 <sub>(min)</sub> – 18,5 <sub>(max)</sub>		
<b>Водный раствор с биоуглём</b>					
05.04.2024	6,8	146	3,5 <sub>(min)</sub> – 14,1 <sub>(max)</sub>	6,2	4,3
10.04.2024	6,9	179	5,4 <sub>(min)</sub> – 17,8 <sub>(max)</sub>		
17.04.2024	6,2	199	6,2 <sub>(min)</sub> – 20,8 <sub>(max)</sub>		
<b>Раствор с минеральными удобрениями и биоуглём</b>					
05.04.2024	7,0	806	7,1 <sub>(min)</sub> – 13,7 <sub>(max)</sub>	19,9	3,5
10.04.2024	7,9	492	11,2 <sub>(min)</sub> – 18,5 <sub>(max)</sub>		
17.04.2024	8,1	542	17,0 <sub>(min)</sub> – 24,3 <sub>(max)</sub>		

В конце вегетационного опыта был произведен замер массы растений, при этом наивысший прирост зеленой массы составил в растворе с минеральными удобрениями - 28,4 г, а наименьший прирост был зафиксирован в водном растворе с биоуглём - 6,2 г. (таблица).

На основании данных можно утверждать, что использование биоугля в качестве удобрения представляет собой перспективное направление. Растения, выращенные при использовании биоугля, демонстрируют здоровый рост. Тем не менее, необходимо провести дальнейшие исследования, включая варьирование дозировки биоугля, для достижения более точных результатов и понимания механизмов его воздействия на растения.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № FZNS-2023-0019

*Список литературы*

- Бовсун, М.А. Влияние внесения биоугля на урожайность сельскохозяйственных культур / М.А. Бовсун, О.В. Нестерова, В.А. Семаль и др. // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2023. – № 61. – С. 6-26.
- Ветчинников, А.А. Особенности удобрения культур в технологиях гидро-и аэропоники / А.А. Ветчинников, Д.В. Анциферова, А.Ю. Тесленко, Е.В. Кечкова // Агрохимический вестник. – 2017. – № 2. – С. 33-36.
- Юркова, О.В. Использование удобрений в гидропонике / О.В. Юркова, М.Ю. Карпухин // Вклад молодых ученых в развитие АПК : Сборник тезисов, подготовленный в рамках Всероссийской научно-практической конференции «Молодежь и наука – 2022», Екатеринбург, 15 марта 2022 года. Том 2. – Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2022. – С. 67-69.

Брикман А.В., Гилёв А.М.

## **СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕГО АЗОТА В АКВАПОЧВАХ УССУРИЙСКОГО ЗАЛИВА ЯПОНСКОГО МОРЯ**

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент Брикман А.В.

В настоящее время активно идут исследования, связанные с изучением экосистем морских акваторий, особенно береговых линий, прибрежных территорий, бухт и заливов омываемые морями. Одним из главных компонентов этой экосистемы являются аквапочвы. Аквапочки - это биокосные тела, формирующиеся на дне водоемов под воздействием почвообразовательных процессов, в результате которых формируется органоминеральный комплекс [1]. Органическое вещество является важной составной частью почвы и представляет сложный химический комплекс органических веществ биогенного происхождения [2]. Азот является основным и обязательным элементом для всех живых организмов. Он участвует в интенсивном биогеохимическом круговороте и тесно связан с органическим веществом.

Органическое вещество включает целый ряд показателей, однако наиболее важными считают содержание углерода и азота. Цикл азота очень сложен, а в условиях морской среды происходит ассимиляция его органических и неорганических соединений, в том числе и газообразного [3]. Также при полной минерализации органического вещества азот превращается в аммонийные соли, которые благодаря работе бактерий окисляют его в нитратную и нитритную форму. Помимо микробиологической активности часть нитратов еще выделяется фитопланктоном.

Целью работы является анализ содержания общего азота в аквапочвах Уссурийского залива Японского моря.

Объектами исследования являются аквапочвы, отобранные в ходе экспедиции 85 рейса на НИС «Академик М.А. Лаврентьев» с помощью геологических колонок с глубин от 11 м до 72,7 м (глубина, без учёта осаждения судна 4,25 м), проводилось послойное изучение образцов до 10 см в шельфовой зоне Уссурийского залива, расположенного в заливе Петра Великого Приморского края (рис.1).

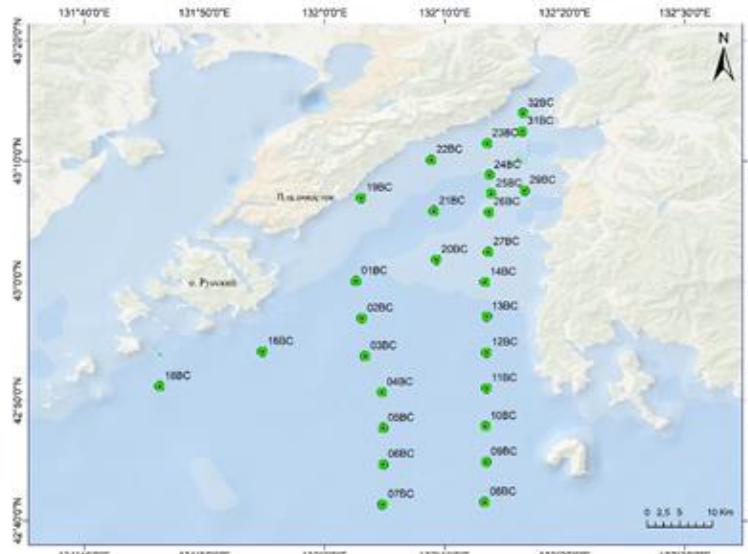


Рисунок 1 - Карта-схема отбора образцов аквапочв Уссурийского залива Японского моря

Исследования показали, что по содержанию общего азота в аквапочвах Японского моря большая часть исследуемых образцов содержит азота в диапазоне от 0,12 до 0,32 % (рис. 2), однако

максимальное его значение приходится на точки отбора 21, 24, 31, 32 и варьирует в пределах 0,41 до 0,94 %. Минимум общего азота приходится на точки 6, 10, 14, 16, 18, где его содержание не превышает 0,085%. Это связано с тем, что исследуемые участки попадают под влияние терригенного стока, а также максимально приближены к береговой линии.

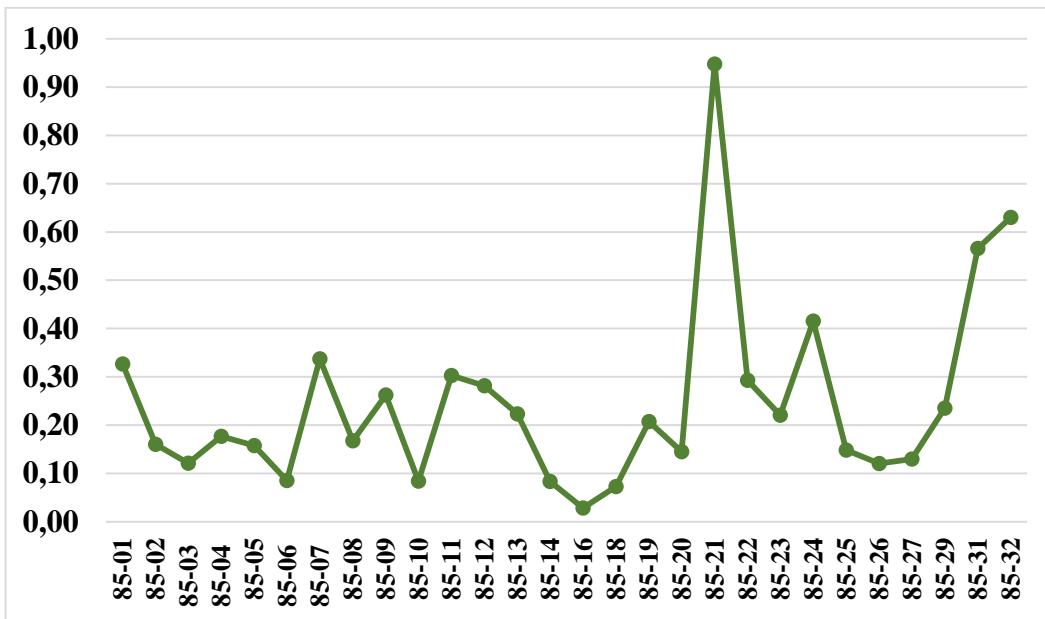


Рисунок 2 – Содержание общего азота в аквапочвах Уссурийского залива Японского моря, %

Таким образом накопление общего азота в аквапочвах зависит от терригенного стока, а также приближённости к береговой линии, где зафиксированы наибольшие значения.

Работа выполнена при поддержке Государственного задания Минобрнауки России №FZNS-2023-0011.

#### Список литературы

1. Ивлев, А.М. К вопросу об изучении аквапочв / А.М. Ивлев, О.В. Нестерова // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2004. – № 4(116). – С. 47-52.
2. Минеев, В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. - М: Изд-во МГУ, Изд-во «КолосС», 2004. - 720 с.
3. Романкевич, Е.А. Геохимия органических веществ в океане / Е.А. Романкевич. - М.: Наука, 1977. - 256 с.

---

Бикибаева А.Р.<sup>1</sup>, Ячмень Л.П.<sup>1</sup>, Сухин Д.В.<sup>1</sup>, Соцкая А.А.<sup>1</sup>, Гилёв А.М.<sup>1,2</sup>

#### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТОВ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ГУМАТА НАТРИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ БАЗИЛИКА

Кафедра почвоведения Институт мирового океана ДВФУ<sup>1</sup>

Компания ООО «РУБИСКО»<sup>2</sup>

Научный руководитель - ведущий инженер кафедры почвоведения А.М. Гилёв

Гидропоника — метод беспочвенного выращивания растений, при котором питательная среда создаётся и контролируется человеком [2]. Во многих исследованиях с применением беспочвенных

техник для выращивания растений чаще используют жидкие комплексные удобрения как источник питательных элементов [5].

В настоящий момент минеральные удобрения самые популярные и доступные для выращивания растений [3]. Однако продолжаются исследования по поиску наиболее эффективных и экологичных методов выращивания, например, с заменой минерального субстрата на растительный (кокосовое волокно) или с заменой минеральных удобрений на органо-минеральные и органические, которые могут приблизить выращенную продукцию к органической. К таким удобрениям можно отнести навозную жижу, кровяную муку, экстракты растительной продукции и гуматы (гумат натрия) [4].

Гумат натрия представляет собой натриевую соль гуминовых кислот со сложной химической структурой, удерживающей необходимые растениям элементы питания (ионы, анионы металлов, остатки кислот и тд.) [1]. Поскольку при внесении гуматов в почву повышается качество урожая, предполагается, что использование гумата натрия как удобрения в гидропонике по качеству приблизит выращивание к почвенному.

**Цель исследования** — сделать сравнительный анализ влияния минеральных и органических удобрений на рост базилика зелёного в условиях гидропонной установки.

В качестве объекта исследования был выбран базилик зелёный ароматный (лат. *Ocimum basilicum*) от компании ГАВРИШ. Для выращивания использовались два вида удобрений: минеральные - удобрения Flora Series от компании General Hydroponics и гумат натрия. Органическое удобрение было получено путём извлечения гумусовых веществ горизонта агропочвы с помощью смеси пирофосфата натрия и гидроксида натрия. В качестве субстрата были использованы чёрные поролоновые кубики от компании «ООТДТ» (габарит одного кубика – 25 x 25 x 25мм).

В ходе исследования использовались, путём смешивания в определенных пропорциях, три разных питательных раствора: 1) водный раствор (контроль) – вода без удобрений; 2) раствор с добавлением минеральных удобрений (3 мл на 1 литр воды); 3) раствор с добавлением органических удобрений (20 мл на 1 литр воды). На каждом из питательных растворов выращивалось по 5 растений. Опыт длился в течение 33 дней и в ходе вегетационного опыта проводились замеры таких морфологических показателей как: рост растений (в см) с помощью линейки, конечная масса зеленой части (в граммах). Также за всё время опыта фиксировались следующие показатели питательных растворов: pH с помощью pH-метра воды PH-618, солёность (ppm) помощью прибора TDS метр Milwaukee T75 и температура в °C с помощью термометра. Полученные данные представлены в таблице ниже в виде средних значений, которые были получены в результате анализа и обработки при помощи Microsoft EXEL.

Таблица

Показатели растений, питательного раствора и субстрата за время проведения вегетационного опыта

Дата замера	Водный раствор (контроль)			Раствор с минеральными удобрениями			Раствор с органическими удобрениями		
	Рост растений	pH среды	Содержание солей (ppm)	Рост растений	pH среды	Содержание солей (ppm)	Рост растений	pH среды	Содержание солей (ppm)
03.11.23	2,54	6,0	62	2,32	6,1	660	2,2	6	840
09.11.23	4,46	7,4	109	4,38	6,3	1124	1,46	7,4	448
17.11.23	5,42	7,9	96	10,68	6,5	1132	1,46	7,6	758
23.11.23	5,52	7,5	95	13,92	6,5	1132	1,46	7,1	758
30.11.23	5,64	7,6	97	20,12	6,6	1200	1,46	6	791

Растения в водном растворе имели средний прирост 3,1 см, реакция среды изменялась в сторону нейтральной до слабощелочной (подщелачивалась), содержание солей не значительно изменялось и было в диапазоне от 62 до 109 ppm. Средний рост базилика в растворе с минеральными удобрениями составил 17,8 см, реакция среды слегка подщелачилась от 6,1 до 6,6. Содержание солей возросло почти в 2 раза в результате повышения концентрации удобрений. В растворе с гуматом натрия динамика роста базилика была отрицательна, прирост нулевой. Реакция среды колебалась от слабокислой до слабощелочной (от 6 до 7,57), минимальное содержание солей было достигнуто достигало в середине опыта и составляло 448 ppm, а максимальное в начале опыта – 840 ppm.

#### *Список литературы*

1. Ковда, В.А. Почвоведение. Ч. 1. Почва и почвообразование: учеб. для ун-тов / В.А. Ковда, Б.Г. Розанова. Г.Д. Белицина, В.Д. Васильевская, Л.А. Гришина и др. - Москва: Высшая школа, 1988. - 400 с.
2. Тексте, У. Гидропоника для всех. Все о садоводстве на дому: практическое руководство / У. Тексье. – Paris (France): Mama Editions, 2013. – 277 с.
3. Kano, K. Effects of organicfertilizer on bok choy growth and quality inhydroponic cultures / K. Kano, H. Kitazawa, K. Suzuki, A. Widjastuti, H. Odani, S. Zhou, Y.D. Chinta, Y. Eguchi, M. Shinohara, T. Sato // Agronomy. - Vol. 11, № 3 - P. 1-17.
4. Szekely, I. Bioponics as a Promising Approach to Sustainable Agriculture: A Review of the Main Methods for Producing Organic Nutrient Solution for Hydroponics / I. Szekely, M.H. Jijakli // Water. - 2022 - Vol. 14 - P. 39-75.
5. Torres, E.S. How Organic Fertilizers can be used as a Plant Nutrient Source in Hydroponics: A Review / E.S. Torres, G. Carolyn // Applied Science and Engineering Progress. - № 16 - P. 1-25.

---

Вавилёнок В.В.

### **МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ГОРИЗОНТОВ ГАЗОНОВ КАМПУСА ДВФУ**

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ

Научный руководитель - к.б.н., доцент В.А. Семаль

Исследование морфологических свойств поверхностных горизонтов кампуса ДВФУ является важной и актуальной задачей. Их изучение позволит подобрать наиболее подходящие для озеленения территории растения, более подходящий уход за ними, а также позволит определить какие меры необходимы и подойдут для улучшения химических свойств и повышения плодородия почв [2].

Впервые было проведено исследование морфологических свойств поверхностных горизонтов газонов кампуса ДВФУ.

Целью работы является исследование морфологических свойств поверхностных горизонтов газонов на территории кампуса ДВФУ.

Задачи работы:

- проведение отбора образцов поверхностных горизонтов газонов кампуса ДВФУ;
- описание морфологических свойств поверхностных горизонтов газонов в полевых и лабораторных условиях;

- составление рекомендационного листа растений, подходящих для выращивания на газонах кампуса в зависимости от морфологических свойств почв.

Объектами исследования стали 28 образцов поверхностных горизонтов реплантаземов, отобранных на газонах, расположенных в разных частях кампуса ДВФУ: у северных ворот, в парковой части набережной перед 3, 4 и 5 корпусами, около стадиона и в парке от А корпуса до 10 корпуса.

В работе были использованы следующие методы:

- отбор образцов верхних горизонтов на газонах кампуса ДВФУ [1];
- морфологическое описание свойств образцов;
- сравнение;
- анализ.

Всего было проанализировано и описано 28 образцов поверхностных горизонтов газонов кампуса ДВФУ. В большей части образцов преобладает зернистая структура (10 преимущественно зернистых и 4 мелкозернистых из 28 образцов). В меньшей степени в образцах встречается плитчатая (1) и ореховатая (2) структуры. Зернистая структура почвы благоприятно сказывается на развитии корневых систем и упрощает прохождение корней в почвенной толще. Большая часть образцов (19) сухие. Несколько образцов (5) влажные и 4 образца холодят при прикосновении. Это говорит о низком содержании почвенной влаги, что может пагубно сказаться на росте и развитии растений и нехватке веществ, растворенных в почвенной влаге. По гранулометрическому составу преобладает легкосуглинистые почвы (26), 1 образец является переходным от легкого суглинка к среднему и 1 - переходный от легкого суглинка к супеси. Легкие суглинки очень хорошо подходят для выращивания на них различных культур. 13 образцов рыхлые по сложению, 13 - плотные, 2 - очень плотные. Рыхлое сложение почв не затрудняет продвижение корней в почвенной толще, а также обеспечивает большое количество почвенных пор, которые могут быть как заполнены почвенной влагой, так и почвенным воздухом [3].

После проведения описания морфологических свойств поверхностных газонов были определены рекомендации для озеленения территории кампуса ДВФУ:

1. перед высадкой декоративных культур необходимо высадить растения-сидераты. наиболее подходящим для этого является клевер, так как он имеет ряд преимуществ, над другими растениями:

- на корнях клевера образуются клубеньки, содержащие бактерии, процесс жизнедеятельности которых сопровождается выделением азота, что ведёт к обогащению азотом почвы;
- в листьях скапливается и фосфор, поглощаемый из глубины почвы. После скашивания этот необходимый элемент легко усваивается культурами;
- за счет тонких удлиненных корней происходит рыхление грунта, насыщение его кислородом.

2. Из декоративных культур для выращивания на легкосуглинистых рыхлых сухих почвах газонов кампуса больше всего подходят многолетние травянистые и кустарниковые растения. Например, пионы, ирисы или шалфей.

Можно сделать следующие выводы:

- анализ почвенной структуры образцов показал, что почвы подходят для выращивания растений;
- анализ влажности образцов выявил, что почвы сухие и при озеленении будет требоваться усиленный полив газонов;
- анализ гранулометрического состава свидетельствует о том, что большая часть газонов кампуса являются легкосуглинистыми. Легкосуглинистые почвы наиболее подходящие для

выращивания различных культур, а значит, легкие суглинки на газонах кампуса - подходящие условия для озеленения;

- описания сложения почв дали понимание, что большая часть почв на газонах кампуса - плотные, что может вызвать сложности при озеленении.

#### *Список литературы*

1. ГОСТ 17.4.4.02-2017 Охрана природы (ССОП). Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа, 2019. – 10 с.
2. Терпелец, В.И. Морфологические признаки почв / В.И. Терпелец, В.Н. Слюсарев. – Краснодар: КубГАУ, 2016. - 31 с.
3. Трегубова, В.Г. Морфологическое описание почв в поле / В.Г. Трегубова, В.Н. Пилипушка. – Владивосток: Дальневосточный университет, 1998. - 21 с.

---

Гилёв А.М.<sup>1</sup>, Брикман А.В.<sup>1</sup>, Нестерова О.В.<sup>1</sup>, Семаль В.А.<sup>2</sup>, Егорин А.М.<sup>3</sup>

#### **НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ГОРИЗОНТОВ ПОЧВ ПОБЕРЕЖЬЯ ЮГО-ВОСТОКА ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА**

<sup>1</sup>Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ

<sup>2</sup>Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН

<sup>3</sup>Институт химии ДВО РАН

<sup>1</sup>Научный руководитель - к.б.н., доцент О.В. Нестерова

Побережье полуострова Камчатка обладает уникальными почвами, сформированными в зоне перехода от континента к океану. При активном освоении этой территории главным фактором, влияющим на почвообразование, является антропогенная деятельность [6]. Одним из распространенных видов нарушения почв является переуплотнение поверхностных горизонтов, вследствие чего изменяются такие параметры почвы как коэффициент фильтрации и потенциал почвенной влаги. Использование показателя коэффициентов фильтрации помогает описывать влагообеспеченность растений в почвенной экосистеме [1]. Еще одним важным параметром оценки процессов почвообразования является степень гумусированности поверхностных горизонтов. Прибрежные почвы юга полуострова Камчатки имеют легкий гранулометрический состав, благодаря этому гумусовые горизонты не способны накапливать большие концентрации органического углерода [4].

Исследование прибрежных почв юга полуострова Камчатка является важным для понимания экологической устойчивости региона и разработки эффективных стратегий устойчивого природопользования на этой антропогенно-уязвимой территории, также важно учитывать влияние человеческой деятельности на состояние прибрежных почв для минимизации деградационных процессов [5].

Целью является оценка физических и физико-химических свойств прибрежных почв юго-восточной части полуострова Камчатка.

Объектами исследования были выбраны поверхностные горизонты почв прибрежных территорий юго-востока полуострова Камчатка, сформированные в зоне перехода от континента к океану (слоисто-аллювиальные почвы). Отбор почвенных образцов происходил в трёх районах с

разным уровнем антропогенной нагрузки: бухта Малая Лагерная, Халактырский пляж и городская набережная г. Петропавловска-Камчатского.

Определение фильтрационной способности проводилось методом трубок [7], рассчитывался коэффициент фильтрации [7]. Определение гранулометрического состава определяли ситовым методом по Качинскому [3, 7]. Определение органического углерода осуществлялось в лаборатории мокрым сжиганием по Тюрину [2]. Статистическая обработка данных проводилась в программе Microsoft Excel.

Результаты гранулометрического анализа поверхностных горизонтов почв свидетельствуют о преобладании фракции пирокластического материала, характеризуемой как физический песок. В соответствии с почвенной классификацией Качинского (1959 год), все изученные образцы подпадают под категорию песков (таблица).

Результаты исследований коэффициента фильтрации отметили самый высокий показатель на территории южной части бухты Лагерная - 253 см/сут (исключительно высокий), самый низкий коэффициент на территории набережной города Петропавловск-Камчатский - 24 см/сут (средний). В поверхностных горизонтах исследуемых территорий преобладает очень высокий коэффициент фильтрации и варьируется от 100 до 210 см/сут (таблица), причиной является легкий гранулометрический состав и бесструктурность поверхностных горизонтов почв, что затрудняет удерживание влаги.

Исследования содержания органического углерода показали высокие значения на территории набережной города Петропавловск-Камчатский (2,25%), средней части бухты Лагерная (2,38%), и северной части бухты Лагерная (1,96%). В других образцах содержание органического углерода колебалось от 0,08% до 0,53%. Такие значения обусловлены слабой структурой почв и легким гранулометрическим составом, препятствующим накоплению значительных концентраций органического вещества.

Таблица

Некоторые показатели исследуемых почв поверхностных почв Камчатки

Место отбора	Содержание органического углерода, %	Коэффициент фильтрации, см/сут	Гранулометрический состав
Южная часть бухты Лагерная	0,53	253 (исключительно высокий)	Песок средний
Средняя часть бухты Лагерная	2,38 (высокое)	100 (очень высокий)	Песок средний
Северная часть бухты Лагерная	1,96 (высокое)	60 (высокий)	Песок средний
Набережная г. Петропавловск-Камчатский	2,25 (высокое)	24 (средний)	Песок средний
Южная часть Халактырского пляжа	0,08	158 (очень высокий)	Песок крупный
Территория базы серферов, Халактырский пляж	0,10	63 (высокий)	Песок средний
Северная часть Халактырского пляжа	0,11	210 (очень высокий)	Песок средний

Таким образом, на исследуемых территориях поверхностные горизонты почв имеют небольшие концентрации органического углерода, легкий гранулометрический состав и высокий коэффициент фильтрации, что является нормой для прибрежных песчаных почв.

Работа выполнена при поддержке государственного задания Министерства науки и образования РФ №FZNS-2024-0037.

### *Список литературы*

1. Алексеев, В.В. Использование последовательных измерений коэффициента фильтрации для оценки уплотненного состояния почв / В.В. Алексеев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – №4(102). – С. 88–92.
2. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина – М.: Изд.-во МГУ, 1970. - 480 с.
3. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. - М.: Агропромиздат, 1986. - 416 с.
4. Доклад о состоянии окружающей среды в Камчатском крае в 2020 году. 2021 Мин. Природ. Ресур. Эколог. Камчатского края. Петропавловск-Камчатский, 385 с.
5. Ефремова, С.Ю. Экологический мониторинг загрязнения почв / С. Ю. Ефремова, Т.А. Шарков, О.В. Лукьянец // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. – 2011. – №25. – С. 568-571.
6. Казаков, Н.В. Особенности некоторых камчатских почв и необходимость их сохранения / Н.В. Казаков // Вестник КамчатГТУ. - 2022. - №61. – С. 82-92.
7. Шеин, Е.В. Курс физики почв / Е.В. Шеин, М.: Изд-во МГУ, 2005. - 432 с.

---

Гуменная Е.А.

## **СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В АНТРОПОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ПОЧВАХ ПРИ ВНЕСЕНИИ БИОУГЛЯ НА О. РУССКИЙ**

Кафедры почвоведения ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент Брикман А.В.

Ежегодно антропогенная деятельность человека все больше наращивает обороты вовлеченности всех ресурсов под собственные нужды, наиболее ценным из которых является почва. В процессе интенсивного сельского хозяйства, добычи полезных ископаемых, строительства почва деградирует, переставая в полной мере выполнять свои экофункции. Постоянное, бесконтрольное использование приводит к снижению гумуса, органического вещества, что напрямую влияет на ее плодородие. Необходимо замедлить потерю гумуса, что неизбежна при разрушении поверхностного горизонта почвы [1]. В связи с этим проводятся рекультивационные работы, включающие в том числе подселение почвенной фауны, высаживание растений-сидератов, использование органических удобрений и внесение биоугля.

Биоуголь – это твердый материал, содержащий углерод с большим количеством трудно минерализуемых ароматических структур, полученный путем карбонизации возобновляемой органической биомассы при высокой температуре без доступа кислорода (пиролиза) [2]. Биоуголь влияет на такие параметры, как водно-воздушные свойства почвы, значения pH почвенного раствора, доступность питательных веществ, доступность органического углерода, структурно-агрегатное состояние почв, уменьшает количество загрязняющих веществ, секвестрирует углерод и снижает эмиссию парниковых газов [3,4].

Целью работы является оценка содержания органического углерода при внесении биоугля в антропогенно-нарушенных почвах.

Объектом исследования был выбран опытный участок, расположенный на о. Русский, г. Владивосток, п. Аякс, лабораторный корпус ДВФУ, в 20 метрах от дороги ( $43^{\circ}$ с.ш.,  $131^{\circ}$ в.д.). Выбранный участок вследствие строительных работ претерпел изменение от буровозема типичного до урбанизма.

В июне 2021 года участок общей площадью  $11 \times 3$  м был поделен на 9 равных частей размерностью  $0,75 \times 3$  м. На исследуемый участок был внесен биоуголь в дозах 1 и 3 кг/ $m^2$  на глубину 15 см. Каждый вариант опыта включает контроль, внесение биоугля в дозе 1 кг/ $m^2$  и внесение биоугля в дозе 3 кг/ $m^2$  (рисунок). В июле 2023 были отобраны почвенные образцы из верхнего слоя (глубина слоя не более 10 см из каждого варианта опыта). Содержание общего углерода определяли методом мокрого сжигания по Тюрину [5].

Исследования показали, что контрольные образцы в среднем содержат 1,91 % органического углерода, что в пересчете на гумус равняется 3,29 % (таблица). Такое содержание гумуса оценивается согласно шкале [6] как «низкое». Образцы, в которые был внесен биоуголь в дозе 1 кг/ $m^2$ , в среднем содержат 2,65% органического углерода, что в пересчете на гумус равняется 4,57%. Такое содержание гумуса оценивается как «ниже среднего». Объекты, в которые был внесен биоуголь в дозе 3 кг/ $m^2$ , в среднем содержат 2,95% органического углерода, что в пересчете на гумус равняется 5,08%. Такое содержание гумуса оценивается как «ниже среднего».

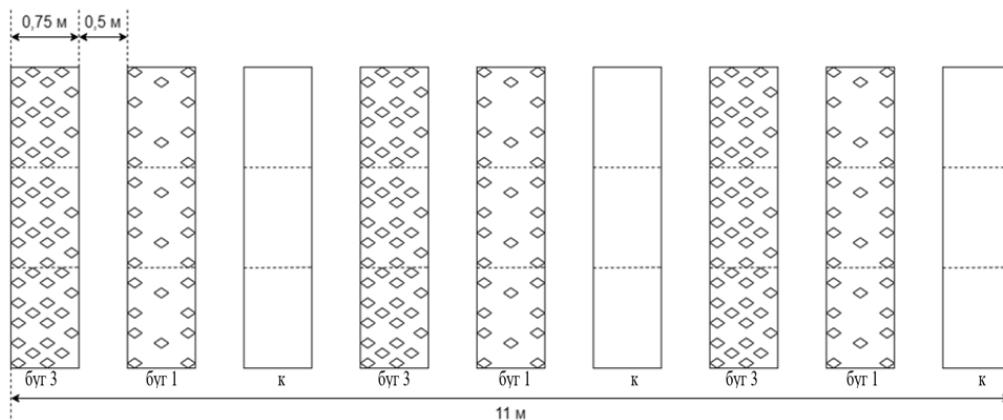


Рисунок – Схема опыта

Буг3 – внесение биоугля в дозе 3 кг/ $m^2$ , буг1 – внесение биоугля в дозе 1 кг/ $m^2$ , к – без биоугля (контроль).

Таблица

Оценка содержание органического углерода и гумуса в антропогенно-нарушенных почв

Объект исследования	Содержание органического углерода, %	Содержание гумуса, %	Оценка содержания гумуса по [6]
Без биоугля (контроль)	1,91	3,292	Низкое
Биоуголь в дозе 1 кг/ $m^2$	2,65	4,565	Ниже среднего
Биоуголь в дозе 3 кг/ $m^2$	2,95	5,077	Ниже среднего

Исходя из полученных данных установлено, что содержание органического углерода при внесении биоугля выше, чем в контрольных участках без биоугля, и что с увеличением дозы биоугля показатели органического углерода выше.

Работа выполнена при поддержке Государственного задания Минобрнауки России №FZNS-2023-0019.

### *Список литературы*

1. Васильченко, А.В. Рекультивация нарушенных земель: учебное пособие: в 2-х частях / А.В. Васильченко. – Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2017. – Ч. 1. – 230 с.
2. Shackley, S. Biochar Quality Mandate (BQM) version 1.0 / S. Shackley, E. R. Ibarrola, D. Hopkins // British Biochar Foundation. – 2014. – 58 р.
3. Григорьян, Б.Р. Влияние биоугля на рост растений, микробиологические и физико-химические показатели малогумусированной почвы в условиях вегетационного опыта / Б.Р. Григорьян, А.Н. Грачев, В.И. Кулагина // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – №11. – С. 185-189.
4. Кулагина, В.И. Влияние биоугля на структуру почвы и содержание форм калия / В.И. Кулагина, А.Н. Грачев, Р.Р. Шагидуллин // Аграрный научный журнал. – 2019. – №1. – С. 16-20.
5. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: МГУ, 1970. – 491 с.
6. Орлов, Д.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов / Д.С. Орлов, О.Н. Бирюкова, М.С. Розанова // Почвоведение. – 2004. – №8. – С. 918-926.

---

Гуменюк Ю.Д.

**ИЗУЧЕНИЕ ПОРОЗНОСТИ РЕПЛАНТОЗЁМОВ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОГО ЦЕНТРА  
ВДЦ «ОКЕАН»**

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент А.В. Брикманс

Изучение порозности почв имеет большое значение, особенно для изучения антропогенно преобразованных почв. В поровом пространстве почв происходят все физические, химические, физико-химические и биологические процессы. Прежде всего в поровом пространстве распределяются корни растений, живут микроорганизмы и мелкие животные. Именно поровое пространство влияет на соотношение воды и воздуха в почве и определяет окислительно-восстановительный режим почв. Поры определяют передвижение воды в почве, вынос соединений из почвенного слоя, капиллярный подъем воды в почвах, которые уже оказывают существенное влияние на развитие растения и корневой системы [3]. Так как порозность рассчитывается по данным объемной массы и удельного веса, то она также характеризует и переуплотнение почвы.

В связи с этим целью исследования является оценка порозности реплантоэма, грунтов смешанном с торфом, территории эколого-биологического центра ВДЦ «Океан» расположенного в бухте Три поросенка, данный грунт был завезен специально для озеленения и благоустройства территории.

Объектами исследования является 25 почвенных образцов отобранные с глубины до 35 см, взятых с клумб и газонов на территории ВДЦ «Океан». Для изучения пористости было необходимо измерить плотность твердой фазы и плотность почвы по методам ГОСТ 5180-2015 [1].

Исследования порозности показали, что в целом образцы имеют не однородный характер и варьирует от 49 % до 79 %, что оценивается по шкале [2] как от очень низкой до очень высокой. Как мы видим в таблице, самая высокая порозность представлена в образце № 16, значение которого 75,9%,

что связано с расположением на пологой части склона, самая низкая порозность 49,5% в образце № 23, который был расположен в нижней части склона в 3х метрах от дороги. Так же наблюдалось переуплотнение данного образца, что вызвано антропогенной деятельностью. Также в 10 объектах присутствует избыточная пористость (более 70%), что не позволяет растениям достаточно хорошо закрепиться корнями в почве.

Хорошая порозность (55–70%) присутствует в 10 образцов. Удовлетворительная порозность (0,55–0,4%) расположена в 4 образца там, где присутствует явное человеческое вмешательство, воздействие техники и антропогенное переуплотнение почвенного покрова. Не удовлетворительная порозность расположена в участке, где почти полностью вынесен горизонт урбик из-за периодически случающихся наводнений и воздействия техники. Среднее значение порозности 64,9%.

Таблица

Значение порозности объектов исследования

№ образца	Порозность в %	Качественная оценка по [2]
1	52%	Удовлетворительная
2	63%	Хорошая
3	67%	Хорошая
4	57%	Хорошая
5	53%	Удовлетворительная
6	72%	Хорошая
7	75%	Хорошая
8	76%	Хорошая
9	57%	Хорошая
10	54%	Удовлетворительная
11	74%	Хорошая
12	79%	Хорошая
13	51%	Удовлетворительная
14	70%	Хорошая
15	65%	Хорошая
16	76%	Хорошая
17	74%	Хорошая
18	57%	Хорошая
19	73%	Хорошая
20	65%	Хорошая
21	59%	Хорошая
22	69%	Хорошая
23	50%	Не Удовлетворительная
24	63%	Хорошая
25	72%	Хорошая

Полученные значения порозности позволили определить, что на изучаемой территории присутствует избыточная пористость, которая оказывает негативное влияние на рост растений и развитие их корневой системы, вызвано это качеством привнесенного субстрата.

*Список литературы*

1. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик: межгосударственный стандарт: дата принятия 2015-25-07 /Межгосударственный совет по

стандартизации, метрологии и сертификации. – Изд. Официальное. – Москва: Стандартиформ, 2015 г. – 23 с.

2. Качинский, Н. А. Физика почвы: учебник / Н.А. Качинский. – Москва: Изд-во Высшая школа, 1965. - Ч. 1. - 324 с.

3. Шеин, Е.В. Курс физики почв: учебник / Е.В. Шеин. – Москва: Изд-во МГУ, 2005. - 432 с.

---

Дмитренко Г.Д., Жанков Г.В.

## СОДЕРЖАНИЕ ДОСТУПНЫХ ФОСФАТОВ В ГРУНТАХ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ

Научный руководитель - к.б.н., доцент А.В. Брикман

Одним из важнейших агрохимических показателей почвы, является содержание фосфора, входящего в список базовых макроэлементов. Фосфор влияет на усваиваемость остальных макро- и микроэлементов [3], а также за образование плодов у растений. Помимо этого, фосфор необходим на разных стадиях развития растений так же, как азот и калий, поскольку дефицит или избыток этих элементов отражается в первую очередь на внешнем виде растения даже на ранних стадиях его развития [3]. Поэтому целью исследования является получение данных по содержанию доступных фосфатов в готовых почвогрунтах и сравнение этого параметра с показателями обеспеченности для разных типов культур (зерновых, корнеплодов, овощных).

Задачи:

1. Получить данные о содержании подвижного фосфора из выбранных почвогрунтов.
2. Провести сравнение на соответствие содержания доступных фосфатов в почвогрунтах с показателями обеспеченности для разных типов культур (зерновых, корнеплодов, овощных).

В качестве объектов исследования были взяты: Грунт БИУД Овощной универсальный (ООО “БИУД”, Москва), Грунт Пальма Сад чудес (ООО “НОРД ПАЛП”, Москва), Грунт для декоративно лиственных растений Florizel (ООО “Терра Мастер”, Новосибирск), Питательный торфогрунт УНИВЕРСАЛЬНЫЙ Добрая сила (АО "ГАРДЕН", Москва), Грунт для томатов и перцев "Малышок" (ФАСКО, Москва), Грунт для рассады Крепыш (ФАСКО, Москва), Грунт универсальный (ФАСКО, Москва). Доступные фосфаты определяли вытяжкой Кирсанова [1].

По приведенной таблице обеспеченности почв доступными фосфатами средние показатели по всем почво-грунтам показывают высокую обеспеченность фосфатами по всем категориям относительно разных культур растений (табл. 1). Выборка значений подвижных фосфатов из семи (минимум - 17,50 мг/100 гр почвы, максимум - 217,50 мг/100 гр почвы).

Таблица 1  
Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в вытяжке Кирсанова [1]

Номер грунта	Название грунта	Полученные экспериментально значения фосфора, мг/100г
1	Грунт Пальма Сад чудес (ООО “НОРД ПАЛП”, Москва)	185
2	Грунт для декоративно лиственных растений Florizel (ООО “Терра Мастер”, Новосибирск)	105,42
3	Грунт БИУД Овощной универсальный (ООО “БИУД”, Москва)	16,67
4	Питательный торфогрунт УНИВЕРСАЛЬНЫЙ Добрая сила	86,67

		(АО "ГАРДЕН", Москва)	
5	Грунт для томатов и перцев "Малышок" (ФАСКО, Москва)		14,17
6	Грунт универсальный (ФАСКО, Москва)		206,25
7	Грунт для рассады Крепыш (ФАСКО, Москва)		220,83

Содержание доступных фосфатов в исследованных почвогрунтах является очень высоким, исключением представлены: Грунт БИУД Овощной универсальный (ООО “БИУД”) – высокое по шкале «для почв» и среднее по шкале «для торфа», Грунт для томатов и перцев "Малышок" (ФАСКО, Москва) по шкале «для почв» - повышенное, по шкале «для торфа» - среднее. [2]

Из всех исследованных грунтов по показателям подвижных фосфатов подошли два почво-грунта для выращивания растений (табл. 2). Грунт для томатов и перцев "Малышок" (ФАСКО, Москва) по значениям фосфатов подходит для выращивания только зернобобовых культур, Грунт БИУД Овощной универсальный (ООО “БИУД”) подходит для выращивания только корнеплодов (табл. 2).

Таблица 2

Обеспеченность почв доступными фосфатами ( $P_2O_5$ , в мг/100г почвы)  
по содержанию их в вытяжке Кирсанова [1]

Обеспеченность	Зерновые, зернобобовые	Корнеплоды, картофель	Овощные культуры
Очень низкая	<3	<8	<15
Низкая	<8	<15	<20
Средняя	8-15	15-20	20-30
Высокая	>15	>20	>30

Грунт Пальма Сад чудес (ООО “НОРД ПАЛП”, Москва), Грунт для декоративно лиственных растений Florizel (ООО “Терра Мастер”, Новосибирск), Питательный торфогрунт УНИВЕРСАЛЬНЫЙ Добрая сила (АО "ГАРДЕН", Москва), Грунт для рассады Крепыш (ФАСКО, Москва), Грунт универсальный (ФАСКО, Москва) по содержанию доступных фосфатов превышают среднее значение подвижных фосфатов (табл. 1). Применение грунтов с повышенным содержанием фосфатов для выращивания культур приводит к угнетенному состоянию растений или возможной гибели, поскольку избыточные дозы фосфора снижают поступление в растения меди, железа, марганца. [3]. Смеси почвогрунтов с переизбытком фосфора рекомендуется смешивать с другими грунтами или песком для уменьшения показателя фосфора.

#### Выводы:

Были получены данные по содержанию доступных фосфатов в смесях почвогрунтов, значения которых показали, что 5 образцов с высокими показателями и 2 со средними.

Грунт для томатов и перцев "Малышок" (ФАСКО, Москва) по значениям фосфатов подходит для выращивания только зернобобовых культур, Грунт БИУД Овощной универсальный (ООО “БИУД”) подходит для выращивания только корнеплодов.

#### Список литературы

1. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. - 478 с.
2. Дюрягин, И.В. Земледелие с основами почвоведения и агрохимии. / И.В. Дюрягин – Учебное пособие, Курган – 1997.
3. Ягодин, Б.А. Агрохимия / Б.А. Ягодин – М.: Агропромиздат, 1989. - 639 с.

Жанков Г.В., Дмитренко Г.Д.

## КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВО-ГРУНТОВ

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ

Научный руководитель - к.б.н., доцент А.В. Брикман

Готовые грунты используют не только для рассады, но и для полноценного выращивания растений, и за последние годы спрос на них значительно вырос [4]. Каждое растение предпочитает свою реакцию среды, в которой ему комфортно расти [5], также каждый производитель для готовых грунтов указывает определенный диапазон pH среды на упаковке, на который потребитель может ориентироваться при выборе субстрата, так как реакция среды имеет важное значение для всех растений и влияет на доступность элементов минерального питания [5].

В связи с этим целью исследования является определить соответствие показателей водного и солевого значения pH заявленными производителями в различных почво-грунтах.

Задачи:

Выбрать из представленных на рынке часто встречающиеся универсальные грунты.

Провести сравнение на соответствие заявленного производителями значений pH в грунтах с полученными данными.

Был сделан анализ рынка розничной торговли грунта на территории Приморского края, который позволил выявить семь наиболее распространенных марок [3]. В связи с этим объектом исследования были выбраны следующие почво-смеси: грунт Сад чудес Пальма, Florizel для декоративно-лиственных растений, БИУД Овощной универсальный, Питательный торфогрунт универсальный Добрая Сила, грунт для томатов и перцев Фаско® "Малышок", грунт универсальный ФАСКО®, грунт для рассады ФАСКО® Крепыш.

При исследовании почвенных образцов был выбран потенциометрический метод определения кислотно-щелочных свойств почв с помощью pH-метра Mettler Toledo [1].

Согласно исследованиям [2], все почвы по pH<sub>KCl</sub> разделяются по степени кислотности на категории, из которых следует, что по полученным данным (таблица) грунты БИУД Овощной универсальный и Питательный торфогрунт универсальный Добрая Сила относятся к сильнокислой реакции среды, грунт для томатов и перцев Фаско® "Малышок" имеет слабокислую реакцию, грунт универсальный ФАСКО® близок к нейтральной и грунты Сад чудес Пальма, Florizel для декоративно-лиственных и Грунт для рассады ФАСКО® Крепыш соответствуют нейтральной степени кислотности.

Только три значения кислотности почво-смесей соответствуют данным производителей (таблица): Сад чудес Пальма, Питательный торфогрунт универсальный Добрая Сила, Грунт для рассады ФАСКО® Крепыш. Значения кислотности грунтов БИУД Овощной универсальный, Грунт для томатов и перцев Фаско® "Малышок" и Грунт универсальный ФАСКО® отклоняются менее чем на 1 от данных производителей. В грунте Florizel для декоративно-лиственных культур значение показателя потенциальной кислотности отличается более чем на 1.

Таблица

Результаты измерений солевого и водного pH и данные производителя

№	Объект исследования	pH H <sub>2</sub> O		pH KCl	
		измеренные	производитель	измеренные	производитель
1	Сад чудес Пальма	6,67	-	6,34	6 - 6,5

2	Florizel для декоративно-лиственных	6,62	5 - 5,5	6,04	-
3	БИУД Овощной универсальный	5,33	5,7 - 6,4	4,04	-
4	Питательный торфогрунт универсальный Добрая Сила	5,28	-	4,51	5,4 - 6,6
5	Грунт для томатов и перцев Фаско® "Малышок"	5,58	6 - 7	5,13	-
6	Грунт универсальный ФАСКО®	5,85	6 - 7	5,71	-
7	Грунт для рассады ФАСКО® Крепыш	6,69	6 - 7	6,53	-

Таким образом исследования показали, что наиболее распространены на рынке семь грунтов, из которых только по трём наблюдается соответствие значений рН-среды с заявленными значениями производителя, а именно: Сад чудес Пальма, Питательный торфогрунт универсальный Добрая Сила и Грунт для рассады ФАСКО® Крепыш. Также в грунте Florizel для декоративно-лиственных ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 6,62$ ) значения хоть и не соответствует заявленным 5,0-5,5, однако для большинства культур предпочтитающую близкую к нейтральной рН среды данный грунт будет эффективен.

## *Список литературы*

1. ГОСТ 26423-85: методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки: утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 8 февраля 1985 г. № 283: дата введения 01.01.1986.
  2. Минеев, В.Г. Практикум по агрохимии/ В.Г. Минеев. – М.: Изд-во МГУ, 2001. - 689 с.
  3. Интернет-магазин Фарпост: сайт. – URL:  
<https://www.farpost.ru/dir?query=%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%BD%D1%82+%D0%B4%D0%BB%D1%8F+%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9> (Дата обращения: 5.03.2024).
  4. Оптовый интернет-магазин от производителя Буйский химический завод: официальный сайт. – URL: <https://bhzshop.ru/information/news/buyskie-grunty-rost-obemov-umenshenie-zatrat/> (Дата обращения: 3.04.2024).
  5. Ягодин, Б.А. Агрохимия/ Б.А. Ягодин – М.: Агропромиздат, 1989. - 639 с.

Кальченко В.А., Смирнова А.Д., Апенко Т.С., Гилёв А.М.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОРОЛОНА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ ЛИСТОВОГО САЛАТА**

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ

Научный руководитель – ведущий инженер кафедры почвоведения Гилёв А.М.

Выращивание рассады преимущественно используется для того, чтобы обеспечить оптимальные условия для увеличения всхожести семян растений. Это позволяет получить здоровые и сильные молодые растения, которые при дальнейшей пересадке смогут лучше переносить стрессовые факторы, влияющие на жизнедеятельность растений. Для выращивания рассады как для открытого, так и для закрытого грунта используют различные субстраты такие как кокосовое волокно и агровата, для выращивания множества растительных культур [2, 3].

Кокосовое волокно представляет собой органический субстрат, который обладает пористой структурой, способствующей сохранять в себе большое количество влаги и постепенно отдавать её растениям [1]. Лидирующим неорганическим субстратом в гидропонной отрасли является минеральная вата или агровата, она хорошо сохраняется в процессе выращивания, а благодаря многочисленным порам дает растениям возможность получать необходимую дозу кислорода. Недостатками перечисленных субстратов является то, они являются дорогостоящими субстратами для выращивания [2]. Поэтому необходимо подбирать более дешевый и легкий в транспортировке субстрат, который будет благоприятен для выращивания растений. К такому субстрату можно отнести поролон.

Поролон представляет собой пористое различной плотности материал, который отлично поддерживает необходимую влажность, на нем можно легко просматривать процесс проращивания, является инертным веществом и не вступает в реакцию с удобрениями. Поролон идеально подходит для проращивания листовых растений, которые потом можно перенести в гидропонную установку [3]. Для оценки пригодности использования поролона в качестве субстрата необходимо исследовать показатели субстрата такие как влажность и температура, а также его инертность к применяемым удобрениям.

**Целью работы** является оценка перспективности применения поролона в качестве субстрата для выращивания рассады листового салата.

Объектом исследования в качестве субстрата для выращивания растений были выбраны поролоновые кубики компании «OOTDTY». В качестве растений использовались семена листового салата «Тайфун» (лат. *Lactuca sativa*) фирмы - агрохолдинг «Поиск». При выращивании рассады применялись жидкие минеральные удобрения компании General Hydroponics линейки Flora Series, которые имеют три компонента - FloreGro, FloraMicro, FloraBloom. Каждого из компонентов смешивали в пропорции 1 мл на 1 литр воды.

В ходе исследования проводилось измерение таких показателей субстрата как, температура (°C) и влажность (%). На стадии роста и появления первых настоящих листьев проводились замеры морфологических показателей растений, такие как рост, длина и ширина листьев растения с помощью линейки в сантиметрах. Исследования проводились три недели, показатели влажности субстратов варьировалось от 29,22 до 35,76% и показатели температуры субстратов от 24,56 °C до 26,6 °C. Показатели влажности за время исследования показывали не очень высокие результаты, это вызвано не равномерным распределением влаги в поролоне, так как основное содержание питательного раствора приходится на нижнюю часть субстрата (таблица).

Таблица

Показатели влажности (W) и температуры (t) субстрата и роста растений (l)

№ варианта	Показатели							
	1 неделя		2 неделя		3 неделя			
	Показатели субстрата	Показатели растений	Показатели субстрата	Показатели растений	Показатели субстрата	Показатели растений	t, °C	W, %
1	24,5 6	29,52	24,78	29,22	0,5	0,7	26,6	1,1
2					2,5	5,2		7,3
3					1,5	3		5,1
4					2	5,5		6,5
5					1	2,1		4,6
6					1,5	4,0		5,1
7					3,5	5,5		6,4
8					0,3	0,5		0,7
9					1	2,6		3,8

10		2		3,9			7,1
11		1,5		4,8			8,5
12		1,5		3,2			6,5
13		3		6,4			7,7
14		2		4,1			9,1
15		0,5		1			2,2

В результате проведения измерений морфологических показателей растений за первую неделю средний рост растений составил 1,62 см. На второй неделе отмечено незначительное увеличение показателей роста до 3,5 см, что соответствует приросту в 1,88 см. В течение третьей недели наблюдался средний рост растений в размере 5,45 см, с увеличением на 1,95 см (таблица).

В течение вегетационного опыта в течение трех недель средний прирост растений составил 1,95 см. Рассада листового салата, выращенная в поролоновом субстрате, отличалась здоровыми листьями и развитой корневой системой, что подтверждает готовность к дальнейшей пересадке в гидропонную систему для проведения дальнейших исследований. Таким образом можно сказать, что применение поролона в качестве субстрата оказалось перспективным для выращивания рассады листового салата.

#### *Список литературы*

1. Галицкий, В.И. Агрофизические свойства кокосового субстрата, применяемого в тепличном овощеводстве / В.И. Галицкий, Ю.В. Егоров, А.В. Кириченко и др. // Гавриш. – 2011. – № 5. – С. 22-24.
2. Гилёв, А.М. Перспективы использования стекловаты в качестве грунта для выращивания рассады огурца / А.М. Гилёв и др. // Материалы Региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам, Владивосток, 15 апреля – 30 апреля 2021 г. – С. 355-357.
3. Сабирова, А.Б. Выбор субстрата для выращивания листового салата в аквапонике / А.Б. Сабирова // Тинчуринские чтения - 2023 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 26–28 апреля 2023 г. / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллаязнова. Том 2. – Казань, 2023. – С. 233-236.

Кириллова А.А.

### **ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БУРОЗЕМОВ ТЕМНОГУМУСОВЫХ ОСТАТОЧНО-КАРБОНАТНЫХ**

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент В.Г. Трегубова

Почвенный покров Приморского края представляет собой уникальный комплекс почв, который отражает сложное взаимодействие различных факторов, включая климатические условия, геологическое строение, рельеф, растительность и человеческую деятельность.

Бурые лесные остаточно-карбонатные почвы занимают в Приморье незначительную площадь и развиваются на элюво-делювии известняков под хвойно-широколиственными и широколиственными лесами в условиях низкогорного рельефа. Исследования генезиса этих почв позволят установить провинциальные особенности почвообразования[1].

В связи с этим целью настоящей работы является исследование химических свойств буровоземов темногумусовых остаточно-карбонатных, развитых на элювии карбонатных пород, для дальнейшего изучения специфики буровоземообразования на карбонатных породах в условиях юга Дальнего Востока.

Объектом исследования являлись буровоземы темногумусовые остаточно-карбонатные, развитые на карбонатных горных породах в пределах Приморского края.

1 объект. Почвы: буровоземы темногумусовые остаточно-карбонатные маломощные среднесуглинистые на элювии доломитизированных известняков. Разрез 1Екат-2015ложен на первой (верхней) трети юго-западного склона горы «Орёл».

2 объект. Почвы: буровоземы темногумусовые остаточно-карбонатные маломощные среднесуглинистые на элювии доломитизированных известняков. Разрез 3Прохоры-2015 заложен на верхней трети восточного склона Длинногорской горы.

3 объект. Почвы: буровоземы темногумусовые остаточно-карбонатные маломощные тяжелосуглинистые на элювии известняков. Разрез 1Бар-2015 заложен на верхней трети среднекрутого склона известковой сопки, расположенной на территории заповедника «Земля леопарда».

При изучении химических свойств почв первоочередной задачей было определение кислотно-щелочных свойства почв (определялись потенциометрическим методом с помощью pH-метра Mettler Toledo) [2], а также определение содержания углерода методом И. В. Тюрина [3].

Исследования показали, что почвы, развитые на карбонатных породах, имеют близкую к нейтральной или нейтральную реакцию среды (табл. 1). Тогда как для генезиса буровоземов, развитых на бескарбонатных породах характерна, кислая и даже сильно кислая реакция среды. Растительный опад хвойно-широколиственных лесов, под которыми и формируются зональные буровоземы богат зольными элементами, но в силу того, что он медленно разлагается и минерализуется, зольных элементов недостаточно для нейтрализации кислых продуктов гумификации. Образующийся фульватный гумус является причиной кислотности буровоземов. Совсем другую картину мы наблюдаем в буровозах на карбонатных породах. Степень гумусированности исследуемых почв, тоже подтверждает особенности процессов почвообразования на карбонатных породах. Повышенное содержание Са в почвах, унаследованное от почвообразующих пород, способствует закреплению гумусовых кислот в верхних, достаточно мощных гумусо-аккумулятивных горизонтах. Поэтому по запасам гумуса они намного превосходят буровоземы на бескарбонатных породах.

Таблица

Химические свойства буровоземов темногумусовых остаточно-карбонатных, развитых на элювии карбонатных пород и буровоземов темногумусовых, развитых на элювии бескарбонатных пород

№ разреза	Горизонт	Глубина, см	pH (H <sub>2</sub> O)	C, %	Гумус, %
буровозем темногумусовый остаточно-карбонатный на доломитизированных известняках					
1Екат-2015	AU	0-41	6,16	1,87	3,22
	ВМ <sub>Ca</sub>	41-58	7,73	0,89	1,53
буровозем темногумусовый остаточно-карбонатный на доломитизированных известняках					
3Прохоры-2015	AU	0-33	6,80	8,95	15,43
	ВМ <sub>Ca</sub>	33-70	6,80	4,10	7,07
буровозем темногумусовый остаточно-карбонатный на известняках					
1Бар-2015	AU	0-38	6,64	7,31	12,60
	ВМ <sub>Ca</sub>	38-62	6,49	5,79	9,98
буровозем темногумусовый на элювии гранит-порфира					
17	AY	3-15	6,60	8,20	14,00
	ВМ	15-26	5,40	3,20	5,60
	ВМС	26-65	5,50	1,50	2,60
	C	65-70	5,40	0,80	1,10

буrozём темногумусовый на элювии базальта					
16-к	AY	1,5-11	5,80	7,60	12,9
	ВМ	11-28	5,80	5,70	9,70
	ВМС	28-60	5,80	2,60	4,40
	C	60-70	5,80	1,20	2,00

Таким образом сравнение результатов, полученных при исследовании почв, развитых на элювии карбонатных пород, с данными химических свойств буровозов темногумусовых, развитых на элювии бескарбонатных пород, взятыми из литературных источников показало, что для исследуемых почв характерна нетипичная реакция среды, а именно нейтральная. Необходимо дальнейшее изучение химических свойств буровозов темногумусовых остаточно-карбонатных, для понимания специфики буровозообразования на карбонатных породах в условиях юга Дальнего Востока.

#### *Список литературы*

- Крейда, Н.А. Почвы хвойно-широколиственных и широколиственных лесов Приморского края / Н.А. Крейд // Учен. зап. Дальневост. ун-та, т. XXVII. Ч.2. Владивосток, 1970. - 228 с.
- ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки.
- Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. - М.: Изд-во МГУ, 1970. - 478 с.

Козлова А.А.<sup>1</sup>, Брикман А.В.<sup>2</sup>

### **ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КИСЛОТНОСТИ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ БИОУГЛЯ, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ РАЗЛИЧНОГО СЫРЬЯ**

<sup>1,2</sup>Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель – к.б.н., доцент А.В. Брикман

Последние десятилетия в мировом сообществе стоит вопрос о полном переходе сельскохозяйственного сектора на безотходное производство. Пиролиз – это бескислородное сжигание, используемое в качестве способа переработки органических остатков, продуктом которого является биоуголь [1]. Биоуголь может быть получен из различного сырья и, в зависимости от страны и региона, обладать уникальными свойствами, в том числе – реакцией среды и электропроводностью [3]. Изучение свойств биоугля поможет определить его пригодность к использованию в качестве почвенного мелиоранта, а также возможность составления рекомендации по его внесению.

*Таблица 1*

#### Условия пиролиза

Сырьё Показатели	Бумага б/у	Зостера	Анфельция	Смесь водорослей	Рисовая шелуха	Кокосовое волокно	Смесь сидератов
Температура пиролиза, °C	800	550	500	500	500	500	500
Время пиролиза, ч	1	1	1	1	1	1	1

В связи с этим целью работы является определить водородный показатель pH<sub>H2O</sub> и электропроводность биоугля из разных видов сырья.

Объектом исследования является биоуголь, полученный путём низкотемпературного пиролиза органического сырья, характерного для юга Приморского края. Условия пиролиза для разного сырья представлены в таблице (таблица 1). В результате пиролиза исследуемый материал обладает разным внешним видом (рисунок 1-7) в зависимости от исходного сырья.

Исследование проводилось согласно методике, представленной в рекомендациях International Biochar Initiative (IBI) [2].

Исследования кислотно-щелочных свойств биоугля показали, что реакция среды биоугля, полученного из зостеры, анфельции, смеси водорослей, риса, кокосового волокна и сидератов биоугля – слабощелочная в диапазоне от 8,91 до 9,67 (таблица 2); реакция среды биоугля, полученного из бумаги – сильнощелочная – 12,17.

Таблица 2

Значения показателя  $pH_{H_2O}$  и электропроводности биоугля

Сырьё Показатели	Бумага б/у	Зостера	Анфельция	Смесь водорослей	Рисовая шелуха	Кокосовое волокно	Смесь сидератов
$pH_{H_2O}$	12,17	8,91	8,49	8,65	9,30	9,56	9,67
ЕС	9,16	12,15	13,79	21,80	0,59	3,26	7,95

\*ЕС – электропроводность,  $dS/m$ .

Наилучший показатель электропроводности показал биоуголь, полученный из смеси водорослей – 21,80  $dS/m$ . Биоуголь, полученного из многолетней морской травы и отдельного вида водорослей – зостеры и анфельции, - имеет показатель электропроводности практически вдвое ниже: 12,15 и 13,79  $dS/m$  соответственно. Самые низкие показатели электропроводности показал биоуголь, полученный из рисовой шелухи и кокосового волокна – 0,59 и 3,26  $dS/m$ .

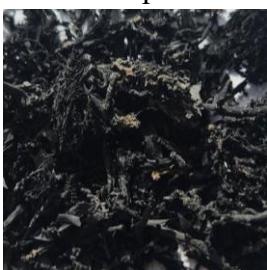


Рисунок 1 – Смесь водорослей

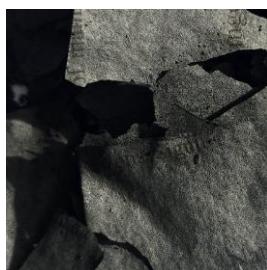


Рисунок 2 – Бумага б/у



Рисунок 3 – Смесь сидератов



Рисунок 4 – Кокосовое волокно



Рисунок 5 – Зостера



Рисунок 6 – Анфельция

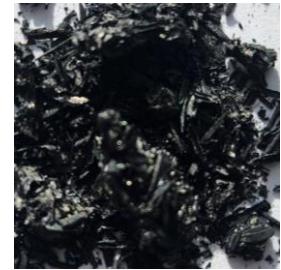


Рисунок 7 – Рисовая шелуха

Характеристики биоугля различны в зависимости от сырья, подвергаемого пиролизу для его получения. Исследуемый биоуголь имеет как слабо- так и сильнощелочную реакцию среды, что говорит о возможном его применении на кислых почвах для её нейтрализации. Для повышения электропроводности почв наиболее продуктивным будет внесение биоугля, полученного из смеси водорослей, а внесение биоугля, полученного из рисовой шелухи, практически не окажет никакого воздействия на электропроводность почв.

Работа выполнена при поддержке Государственного задания Минобрнауки России №FZNS-2023-0011.

### *Список литературы*

1. Atkinson, C.J. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review / C.J. Atkinson, J.D. Fitzgerald, N.A. Hipps // Plant Soil. – 2010. – №337 (1-2). – P. 1–18.
2. Rajkovich, S. Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil / S. Rajkovich, A. Enders, K. Hanley et al // Biol Fertil Soils. – 2012. – №48. – P. 271–284.
3. Van Zwieten, L. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility / L. Van Zwieten, S. Kimber, S. Morris // Plant Soil – 2010. – 327. – P. 235–246.

---

Мирошниченко Ю.Д.

## **СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ И КУЛЬТУРНЫХ СЛОЯХ ГЕОАРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ ТАМБОВЩИНЫ**

Кафедра географии почв факультета почвоведения МГУ имени М. В. Ломоносова  
Научный руководитель - д.б.н., доцент Н.О. Ковалева

Почвы являются важными источниками информации о трендах эволюции природной среды. Они обладают ценной способностью запоминать и отражать изменения параметров в виде устойчивых во времени признаков, одним из таких показателей является содержание органического углерода [1]. Изменения реликтовых свойств почв со временем подчиняются законам инерционности. Это свойство определяется темпами основных почвообразующих процессов. Инерционность проявляется в запаздывании наступления экстремумов в циклах развития природных объектов [3]. Содержание гумуса в почвенном покрове – важный инерционный показатель, который позволяет выделять и диагностировать культурные слои различных археологических эпох, а расшифровка информации, закодированной в погребенных почвах, позволяет получить ценные сведения о том, как менялась природная среда на протяжении исторического времени, что определяет актуальность исследования.

Цель исследования – анализ содержания органического углерода в почвах и культурных слоях Козловского и Урляпова валов Белгородской засечной черты.

Вследствие этого основная задача работы: проведение анализа содержания органического углерода методом И.В. Тюрина в модификации Б.А. Никитина и последующая интерпретация полученных результатов.

В качестве объектов исследования были выбраны почвы и культурные слои Урляпова и Козловского валов Белгородской засечной черты Тамбовской области.

Определение содержания органического углерода проводилось методом И.В. Тюрина в модификации Б.А. Никитина, при котором проводится сжигание гумуса в сушильном шкафу при температуре 150 °C [2].

Проведенный анализ показал, что содержание органического углерода в почвах Урляпова вала выше в культурных слоях и погребенных горизонтах. Данный показатель на валу в верхних горизонтах достигает 4%. В погребённой почве на глубине около 110 см выявлено также около 4%, что соответствует значениям содержания органического углерода в современной почве. Однако в фоновом разрезе данный показатель примерно в 2 раза ниже и постепенно уменьшается вниз по профилю. Это явление обусловлено дегумификацией в результате распашки почвы.

В почвах Козловского вала также выявлено высокое содержание органического углерода и составляет 5%, свой максимум достигает в погребенной части профиля. В днище рва максимальное значение 3% наблюдается в верхних горизонтах и постепенно уменьшается вниз по профилю.

Таким образом, органический углерод, находящийся в почве, играет важную роль в определении конструктивных особенностей земляных сооружений. Он помогает выявить слои подсыпки валов, а также два погребенных гумусовых горизонта. Содержание гумуса в почвах под валами практически идентично количеству гумуса в дневных черноземах и гумусовых горизонтах на самом валу, а также соответствует черноземному типу гумусонакопления.

Работа выполнена по Госзаданию МГУ № 122011800459-3 (научный руководитель Н.О. Ковалева) в рамках комплексной экспедиции (руководитель А.Н. Голотвин).

#### *Список литературы*

1. Канищев, В.В. Историческое почвоведение тамбовской области: первые результаты исследований / В.В. Канищев, Н.О. Ковалева, И.В. Ковалев // Вестник ТГУ. - 2012. - №6. - С. 1541-1547.
2. Определение содержания органического углерода почвы методом И.В. Тюрина в модификации Б.А.Никитина [Электронный источник] – URL: <https://studfile.net/preview/2465162/page:43/>
3. Самохина, О.И. Свойства почв и культурных слоев археологических памятников пойм как архив палеоэкологической информации (на примере бассейна р. Оки): специальность 03.02.13 «почвоведение»: Диссертация на соискание кандидата биологических наук / Самохина, О. И. Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. — Москва, 2017. — 123 с.

---

Постнов П.Н.

### **ИЗУЧЕНИЕ КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНЫХ СВОЙСТВ ЕСТЕСТВЕННО-АНТРОПОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ПОЧВ**

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент А.В. Брикман

Изучение кислотно-щелочных свойств почв является важным. Реакция в почве на прямую влияет на рост и развитие растений, особенно если речь идет об антропогенно-преобразованных почвах. Стоит заметить, что каждая культура «любит» свой pH, например, картофель, различные семечковые, садовая земляника, черная смородина, жимолость, а также некоторые цветы, флоксы и лилии любят кислую почву, в то время как для кукурузы, редиса, дыни и арбуза хороша нейтральная реакция среды. От уровня кислотности зависит доступность различных питательных веществ для растений, в том числе питательных веществ, поступающих с удобрениями, а также условия существования микроорганизмов и почвенных животных. Если почва имеет высокий уровень pH, то это может привести к недостатку некоторых питательных веществ, таких как железо, марганец и цинк. Также в таких условиях могут быть проблемы с усвоением фосфора и калия. С другой стороны, слишком кислая почва может препятствовать усвоению растениями некоторых питательных веществ, например, кальция и магния. Это может привести к различным заболеваниям и снижению урожайности [2].

В связи с этим целью исследования является оценить кислотно-щелочные свойства в естественно-антропогенных поверхностно преобразованных почвах на территории, взятых с клумб исследовательского полигона на территории Дальневосточного Федерального Университета (ДВФУ).

Объектами исследования являются 20 почвенных образцов, отобранных с глубины до 20 см. Образцы были отобраны с клумб исследовательского полигона на территории ДВФУ, точки отбора указаны на рисунке. Подготовка почв и последующие анализы были проведены по ГОСТ 26423–85 [1]. Результаты представлены в таблице.



Рисунок – Расположение точек отбора

Точка 1, точка 5, точка 6, точка 11, точка 15, точка 18 – точки отбора

Исследования показали, что наблюдается варьирование по кислотно-щелочным свойствам по территории. Объект Т2 имеет среднекислую реакцию среды – самая высокая кислотность из всех исследуемых точек. Из 20 объектов пять имеют слабокислую [3] pH среды (точки 5, 6, 7) диапазон которых согласно шкале [3] 5,84 - 6,12 (таблица), четыре варианта опыта имеют нейтральную реакцию среды и варьируют от 7,02 до 7,25, подавляющее большинство – 9 объектов – имеют реакцию среды близкую к нейтральной. Эти объекты, как и с нейтральной водной pH, не нуждаются в известковании.

Таблица

Показатели кислотно-щелочных свойств антропогенно-преобразованных почв

Объект исследования	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Степень кислотности (pH <sub>H2O</sub> ) [3]
Точка 1	6,55	5,40	Близкая к нейтральной
Точка 2	5,46	4,44	Среднекислая
Точка 3	5,84	4,71	Слабокислая
Точка 4	6,23	4,79	Близкая к нейтральной
Точка 5	6,12	4,77	Слабокислая
Точка 6	5,99	4,73	Слабокислая
Точка 7	6,02	5,04	Слабокислая
Точка 8	7,25	4,88	Нейтральная
Точка 9	7,09	5,03	Нейтральная
Точка 10	7,02	5,44	Нейтральная
Точка 11	7,02	5,53	Нейтральная
Точка 12	6,87	5,92	Близкая к нейтральной

Точка 13	6,79	5,45	Близкая к нейтральной
Точка 14	6,74	5,75	Близкая к нейтральной
Точка 15	6,78	5,71	Близкая к нейтральной
Точка 16	6,65	5,21	Близкая к нейтральной
Точка 17	6,66	5,57	Близкая к нейтральной
Точка 18	5,99	4,90	Слабокислая
Точка 19	6,53	5,97	Близкая к нейтральной
Точка 20	6,62	5,79	Близкая к нейтральной

Исходя из представленных результатов, можно прийти к заключению, что, несмотря на небольшой размер участка, значения pH среды варьируют в достаточно широких пределах (от близкой к нейтральной до среднекислой). Это может говорить о неравномерном распределении и перемешивании грунта.

Несмотря на то, что значения гидролитической pH не были определены, на основе имеющихся показателей можно отметить, какие почвы потенциально нуждаются в известковании – это точки, у которых слабокислая-среднекислая реакция среды.

Для более детальной оценки в дальнейшем планируется определение гидролитической кислотности и других исследований.

#### *Список литературы*

1. ГОСТ 26423–85 (Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки).
2. Минеев, В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. - М.: Наука, 2004. - 719 с.
3. Ознобихин, В.И. Характеристика основных свойств почв и пути их рационального использования / В.И. Ознобихин, Э.П. Синельников. - Уссурийск: Прим. с.-х. ин-т, 1985. - 72 с.

---

Смирнова А.Д.<sup>1</sup>, Кальченко В.А.<sup>1</sup>, Апенко Т.С.<sup>1</sup>, Гилёв А.М.<sup>1,2</sup>

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНФЕЛЬЦИИ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ ЛИСТОВОГО САЛАТА**

<sup>1</sup>Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ

<sup>2</sup>Компания ООО «РУБИСКО»

<sup>1</sup>Научный руководитель – ведущий инженер кафедры почвоведения А.М. Гилёв

В овощеводстве широко применяется рассадный метод как способ получения посадочного материала в защищённом грунте с целью дальнейшей пересадки в постоянную среду. Для беспочвенного выращивания используют субстраты различного происхождения: неорганического (минеральная вата, керамзит, поролон) и органического (кокосовое волокно, сочетание торфа и вермикулита, древесные опилки, рисовая шелуха) [2].

Субстраты необходимы для укоренения растений и дальнейшего их роста для переноса в гидропонную установку. Однако минеральные субстраты не содержат элементов питания. Для решения проблемы отсутствия в субстратах питательных веществ, при выращивании в гидропонной среде используют органические субстраты, содержащие элементы питания, которые растения способны поглощать корневыми системами. Различные типы органических субстратов оказывают прямое влияние на морфологические и вкусовые качества овощных культур. Однако не все органические субстраты могут подходить к гидропонному выращиванию за счет возможного

заражения патогенами, следовательно, перед выращиванием в гидропонике необходимо проводить стерилизацию и обработку субстратов для исследования на рассадных материалах свойств субстрата [4].

В качестве новых органических субстратов возможно использовать морские водоросли. В состав штормовых выбросов в Приморском крае часто входят водоросли рода Анфельция (*Ahnfeltia*). Тело водорослей имеет пористое и нитевидное строение, что делает их пригодными для использования в качестве органических субстратов [1, 3].

Целью исследования является оценка перспективы использования анфельции для выращивания рассады листового салата.

Объектом исследования выбрана в качестве органического субстрата водоросль рода Анфельция (*Ahnfeltia*). Для выращивания использован листовой салат (лат. *Lactuca sativa L.*) сорта Тайфун (Агрохолдинг «Поиск»). Перед началом эксперимента субстрат из водоросли предварительно был подготовлен по следующей схеме: водорослевый субстрат был очищен и промыт проточной водой, далее обработан раствором перманганатом калия ( $KMnO_4$ ) и пероксидом водорода ( $H_2O_2$ ), подвержен температурной обработке в сушильном шкафу при температуре 100-110°C для очистки от вредных примесей и микроорганизмов. Обработанные водоросли были перенесены в закрытые лотки, оснащенные светодиодными лампами, семена салата были помещены в центр субстрата, далее растения культивировали течении 21 дня с поливом 1 раз в сутки. На восьмой день после проращивания для полива использовали смесь органоминеральных и органических удобрений: TNT Complex (1мл/л), Phosphorus Plus (1мл/л), Bloom Complex (1мл/л).

В ходе исследования измерялись показатели субстрата: влажность с помощью влагомера SM150 Kit Delta-T Devices Ltd, и температура с помощью термометра WT-1. Для оценки качества растительного материала рассчитывали процент всхожести и рост растений при помощи сантиметровой линейки. В ходе исследования было выявлено, что всхожесть семян листового салата составила 50% при использовании анфельции в качестве субстрата. Семена, посевные в оставшихся ячейках, не дали всходов. При частом поливе субстрата выделялся слабый запах сероводорода, что может указывать на недостаточную обработку анфельции. Однако, салат при малой всхожести показал значительный рост на субстрате из анфельции (таблица).

Сравнительные показатели и характеристики органического субстрата и растений

№ варианта	Показатели							
	1 неделя		2 неделя		3 неделя			
	Субстрат	Растения	Субстрат	Растения	Субстрат	Растения		
	t, °C	W, %	l, см.	t, °C	W, %	l, см.	t, °C	
1	26,30	25,80	2,0	22,51	34,21	3,7	27,21	4,0
2			1,5			3,2		5,0
3			1,0			2,9		3,7
4			1,5			3,8		6,2
5			1,0			1,2		2,0
6			2,0			3,3		6,2

Результаты исследования показали незначительные различия в параметрах субстрата по прошествии трех недель выращивания рассады. Показатели температуры варьировались от 22,51°C до 27,21°C, а влажность субстрата варьировала от 25,80% до 34,21%. Морфологические измерения растений в первую неделю показали, что средний рост растений составил 1,5 см. На второй неделе опыта показатели растений выросли и средний показатель роста биомассы составил 3,01 см, растения

в среднем выросли на 1,5 см. На третей неделе средний рост исследуемых растений составил 4,5 см, что означает средний прирост биомассы на 1,5 см (таблица).

Таким образом, показатели всхожести и роста рассады листового салата дали понять, что анфельция может выступать в качестве органического субстрата для выращивания рассады растений, небольшой процент всхожести свидетельствует о необходимости изменения методики обработки субстрата.

#### *Список литературы*

1. Жильцова, Л.В. Рациональный подход к сбору штормовых выбросов анфельции в Приморье / Л.В. Жильцова, А.В. Приходченко // Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования: Материалы II Национальной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры экологии моря ФГБОУ ВО «КГМТУ», Керчь, 15–17 мая 2019 года – Керчь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2019. – С. 300-305.
2. Рассел, Д. Гидропоника/ Джесси Рассел. — Изд. 2-е, перевод на рус.яз. — Москва: Аспект-Пресс, 2012. - 121 с.
3. Aminina, N. The influence of red algae ahnfeltia tobuchiensis on the growth and development of cress salad under protected ground / N. Aminina, T. Kirtaeva, I. Kadnikova, S. Goncharenko, O. Elkin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021.
4. Kılıç, P. Effect of different substrates on yield effect of different substrates on yield and fruit quality of tomato grown in soilless culture / P. Kılıç, H. Aktas, I. Erdal // Infrastruktura ekologia terenow wiejskich. No II/1/2018, POLISH ACADEMY OF SCIENCES, Cracow Branch, pp. 249-261.

---

Сухин Д.В., Биклибаева А.Р., Гилёв А.М., Соцкая А.А., Ячмень Л.П.

### **ВЫРАЩИВАНИЕ БАЗИЛИКА ЗЕЛЁНОГО В МАЛООБЪЕМНОЙ ГИДРОПОНИКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОРОЛОНА В КАЧЕСТВЕ СУБСТРАТА И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Кафедра Почвоведения ИМО ДВФУ

Научный руководитель – ведущий инженер кафедры почвоведения Гилёв А.М.

Гидропоника – это способ выращивания растений без почвы, при котором растение получает необходимые питательные вещества из раствора. При выращивании в гидропонике используют различного рода субстраты, которые помогают закреплять растения и служат благоприятной средой для развития корневой системы [4].

Субстраты должны обладать следующими свойствами: плотность, достаточная для обеспечения механической основы для размещения корневой системы; инертность в отношении химических реакций с растворами, используемыми для питания растений; воздухопроницаемость и водопроницаемость примерно в равных пропорциях; оптимальная влагоемкость [2]. В гидропонике к популярным субстратам относятся: керамзит, минеральная вата, перлит. Однако в технологиях закрытого грунта начинают появляться новые субстраты, которые относятся к синтетическому происхождению и также подходят для выращивания растений, например, поролон.

Преимуществом синтетического субстрата является его устойчивость сохранять свои качества в течение длительного времени. Благодаря своей структуре его можно перевозить в сжатом состоянии что значительно экономит место. Поролон с сильнопористой структурой, предназначен для

использования в закрытом грунте, имеет повышенную воздухоемкость, легко поглощает воду и сохраняет форму [1]. Субстрат хорошо насыщается питательным раствором, в течение всего периода выращивания, что позволяет контролировать уровень влажности и температуры. Исходя из свойств можно сказать, что поролон является перспективным субстратом для гидропоники.

Цель работы - оценка совместного применения поролона в качестве субстрата с минеральными удобрениями для выращивания базилика в гидропонике.

В качестве объекта исследования был использован чёрный поролон специальный для гидропонного выращивания компании «OOTDTY» (размер одного куба - 25x25x25мм). Для исследований были подобраны семена базилика зеленого (*Ocimum basilicum*). В качестве удобрений использовались минеральные удобрения для гидропоники General Hydroponics Flora Series.

В ходе вегетационного опыта, который продолжался в течение 33 дней, выращивалось 10 растений базилика зеленого, по 5 растений на каждый питательный раствор. Исследовались следующие питательные растворы: 1) раствор с водой (контроль), 2) раствор с минеральными удобрениями, полученный путем смешивания трех компонентов (от каждого компонента брали по 1 мл на 1 л дистиллированной воды). За время исследования проводились периодические измерения реакции среды, содержания солей и температуры в питательных растворах позволяющие контролировать и оптимизировать питание растений, а также динамику роста базилика, который показывал общее развитие растений [3]. Для измерения показателей применялись следующие приборы: SM150 Soil Moiture Kit влагомер, термометр TP101, Milwaukee pH55 PRO pH метр/термометр, солемер Milwaukee CD610. Динамика роста базилика, выращенный в поролоне на разных питательных растворах, представлена в средних значениях на рисунке.

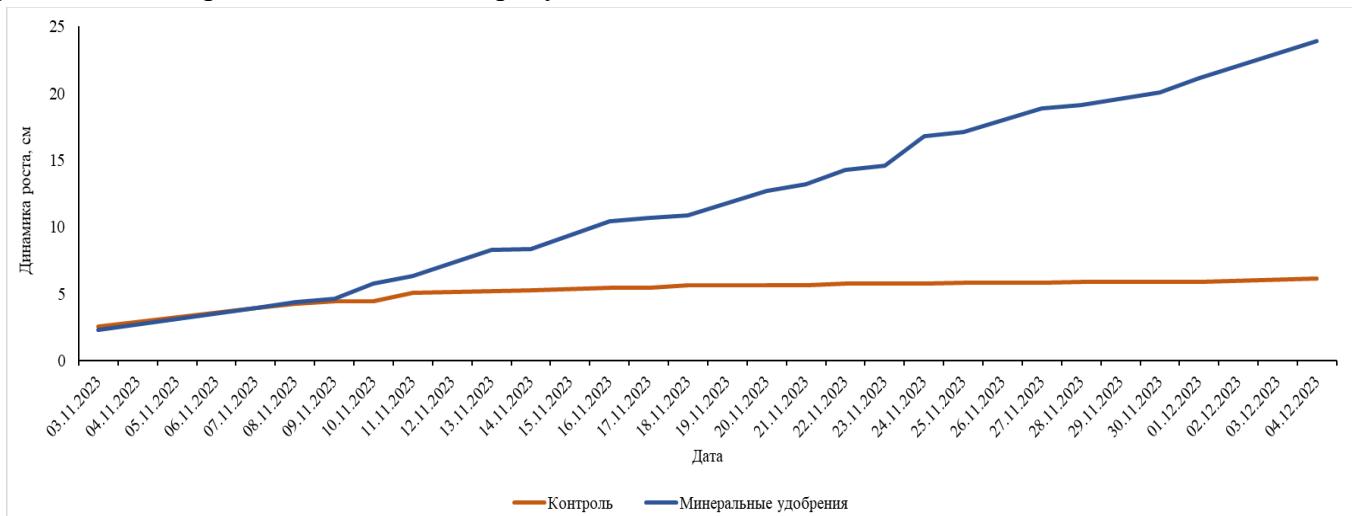


Рисунок - Динамика роста базилика в поролоне с применением минеральных удобрений и без

В ходе исследования проводили измерения растений через каждые два дня. Растения, выращенные в воде, в начале опыта имели средний рост 2,54 см. В середине опыта рост растений составил 5,78 см, а в конце опыта рост составил 6,16 см. Растения, выращиваемые с применением минеральных удобрений, имели следующие показатели роста: в начале эксперимента — 2,32 см, в середине эксперимента — 16,8 см, в конце эксперимента — 23,9 см.

Показатели влажности и температуры поролонового субстрата за время опыта имели стабильные параметры как с дистиллированной водой, так и с минеральными удобрениями: средняя влажность варьировалась от 26,78 % до 41,76 % и температура субстратов от 21,9 °C до 23,5 °C. Итоговая масса зеленой части растений, выращенные в контрольном растворе составило 1,5 грамма и 62,0 грамма с применением минеральных удобрений.

Таким образом наибольший прирост листовой биомассы наблюдался с применением минеральных удобрений, так как в данном варианте в питательном растворе находились все доступные для растений питательные элементы. Применение поролона совместно с минеральными удобрениями является хорошим субстратом для выращивания в гидропонике. Благодаря своим физическим показателям таких как; пористости, влагоемкости и воздухопроницаемости.

#### *Список литературы*

1. Крылова, Н.Ю. Патент № RU2682383C2 Российская Федерация МПК A01G22/05 A01G24/48 A01G24/44 A01G24/30 A01N41/00 A01G31/00 Способ выращивания огурца на сублиме в малообъемной гидропонике с использованием капельного орошения: №2016120614 заявл. 2016-05-26: опубл. 2019-03-19/ Н.Ю. Крылова, В.В. Белова – 4 с.
2. Сафонова, Е.В. Виды субстратов для овощей в защищенном грунте / Е.В. Сафонова // Международный научный журнал «Иновационная наука». - 2015. - №7. - С. 38-41.
3. Trejo-Téllez, L.I. Nutrient Solutions for Hydroponic Systems / G.M. Fernando, L.I Trejo-Téllez // Hydroponics – A Standard Methodology for Plant Biological Researches. - 2012. - vol. 1 - P. 1-22.
4. Walters, K. Hydroponic Greenhouse Basil Production: Comparing Systems and Cultivars / K. Walters, C. Christopher // HortTechnology. - 1015. vol. 25 - P. 645-650.

---

Чернолецкая А.Е., Бондаренко М.Л.

### **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГУМУСОВОГО ГОРИЗОНТА АГРОПОЧВЫ ПОД ПЕРМАКУЛЬТУРОЙ**

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ

Научный руководитель — ассистент М.Л. Бондаренко

Ежегодно площадь эродированных земель в России в среднем увеличивается на 1,5 млн га. Промышленное (классическое) земледелие уничтожает естественный растительный покров, защищающий почву от эрозионных и дефляционных процессов, регулярной механической обработкой почвы, внесением излишних удобрений, мелиорантов, пестицидов, отчуждением растительной продукции. Решением этой проблемы может стать внедрение подхода и методов пермакультуры в уже существующее сельское хозяйство.

Пермакультура является одним из широко распространённых направлений развития органического земледелия и предполагает создание самофункционирующей замкнутой системы производства сельскохозяйственной продукции, в которой используются и традиционные сельскохозяйственные методы, и современные наука и техника.

Предполагается, что использование почв, находящихся под пермакультурой, положительно влияет на качество почвы или не оказывает того же разрушительного воздействия на почвы, как традиционное сельское хозяйство, поэтому цель исследования – оценить состояние гумусового горизонта луговой глеевой почвы под пермакультурой и сравнить показатели (рН водная, Сорг%, Сгк% и Сфк%, содержание гумуса, Сгк/Сфк, гранулометрический состав) с литературным источником (Иванов Г.И., разрез 212) и эталоном (классификация 2004г., тип: темногумусово-глеевые).

Для решения выбранной цели были поставлены следующие задачи: пределить и сравнить показатели водного рН гумусового горизонта луговой глеевой почвы под пермакультурой с эталонными показателями по классификации 2004 года и литературным источником (Иванов Г.И.);

определить и сравнить гранулометрический состав гумусового горизонта луговой глеевой почвы под пермакультурой с эталонными показателями по классификации 2004 года и литературным источником (Иванов Г.И.); определить содержание органического углерода и углерода гуминовых кислот в гумусовом горизонте луговой глеевой почвы под пермакультурой; определить и сравнить тип гумуса (соотношение Сгк/Сфк) и содержание гумуса в луговой глеевой почве под пермакультурой с эталонными показателями по классификации 2004 года и литературным источником (Иванов Г.И.).

Величина рН водной суспензии является характерным показателем свойств почвы. По общепринятым международному методу почвенную суспензию делают при соотношении почвы к воде 1:2,5, а дальнейшее определение проводят с помощью рН-метра. Определение гранулометрического состава исследуемого образца было проведено с помощью метода пипетки (вариант Н.А. Качинского). Определение органического углерода в исследуемых объектах было произведено по методу И. В. Тюрина. Для определения группового состава гумуса использовался метод «Ускоренное определение состава гумуса минеральных почв методом Кононовой и Бельчиковой (с применением пирофосфата натрия для извлечения из почвы гумусовых веществ» [1].

Согласно результатам исследования, которые можно увидеть в таблице водный рН всех трех источников очень близок друг к другу и колеблется от нейтрального до слабокислого. Гранулометрический анализ показал, что исследуемый образец относится к тяжелому суглинуку, в то время как по Иванову Г.И. (разрез 212) указан глинистый гранулометрический состав. Содержание органического углерода в луговой глеевой почве под пермакультурой 5,02%, содержание гуминовых кислот 0,98%, а содержание фульвокислот 1,2 %. Соотношение Сгк/Сфк в исследуемой почве равняется 0,82, соответственно, тип гумуса гуматно-фульватный (с преобладанием фульвокислот). В классификации 2004 г. соотношение Сгк/Сфк для темногумусово-глеевого типа почв около 1 или несколько выше, что означает, что тип гумуса фульватно-гуматный. Содержание гумуса в исследуемом образце равняется 8,65%, в то время как в литературном источнике авторства Иванова Г.И. (разрез 212) он выше и равняется 11,65%, а в классификации 2004 г. содержание гумуса составляет 12–15%.

Таблица

Сравнение агрохимических показателей почв из разных источников

Исследование	Исследуемый образец (луговая глеевая почва под пермакультурой)	Классификация 2004 г. (тип: темногумусово- глеевые) [3]	Иванов Г.И. - почвы Приморского края (разрез 212) [2]
Водный рН	5,74	5–7	5,65
Гранулометрический состав	Суглинок тяжелый	-	Глинистый
Отношение Сгк/Сфк	0,82	Около 1 или несколько выше	-
Содержание гумуса	8,65%	12–15%	11,65%

Из представленных выше показателей можно сделать предварительное заключение, что пермакультура не повлияла на показатель водной рН почвы. По гранулометрическому составу верхний горизонт исследуемого образца легче, чем указан у Иванова, тем не менее различия несущественные. Что касается типа гумуса, то в почве под пермакультурой он гуматно-фульватный (преобладание углерода фульвокислот), а в классификации 2004 г. фульватно-гуматный. Наиболее благоприятными для растений считаются фульватно-гуматный и гуматный тип гумуса, поскольку в этом случае преобладает содержание углерода гуминовых кислот, что благоприятно оказывается на плодородии почв. Содержание гумуса в луговой глеевой почве исследуемого образца довольно значительно уступает описанным в литературных источниках. Тем не менее, трудно с уверенностью утверждать, является ли подобное различие влиянием времени и других естественных факторов, или же

использования иного метода ведения сельского хозяйства. В дальнейшем, для более детального понимания ситуации и точной оценки, планируется взятие дополнительных проб с исследуемого участка и прилегающей территории.

#### *Список литературы*

1. Иванов, Г.И. Почвы Приморского края / Г.И. Иванов. – Владивосток: Дальневосточное книжное издательство, 1964. - 105 с.
2. Соколов, А.В., Аскинази, Д.Л. Агрохимические методы исследования почв / А.В. Соколов, Д. Л. Аскинази. – М.: Наука, 1965. - 436 с.
3. Шишков, Л.Л., Тонконогов, В.Д., Лебедева, И.И., Герасимова, М.И. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишков, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М. И. Герасимова - Смоленск: Ойкумена, 2004. - 342 с.

---

Шамкин Н.С.

## **СОДЕРЖАНИЕ КИСЛОТОРАСТВОРИМЫХ ФОРМ СВИНЦА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ В ЗАЛИВЕ ПОСЬЕТА ЯПОНСКОГО МОРЯ**

Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент А.В. Брикман

Загрязнение окружающей среды на сегодняшний день считается серьёзной проблемой и в равной степени также затрагивает акватории, особенно в прибрежных регионах России. Одним из показателей степени загрязнённости является содержание тяжёлых металлов. Самым опасным из них считается свинец, так как он способен накапливаться в живых организмах и поражать почки, костную ткань, иммунную и нервную системы, в растениях при больших концентрациях он угнетает фотосинтез, дыхание и рост [1]. Использование в исследовании морских грунтов связано с их длительным по времени генезисом и накоплением в себе поллютантов. К таким относится и свинец, его кислоторастворимые формы мигрируют в водной толще и затем осаждаются на дне [3]. По их концентрациям можно судить о степени загрязнённости исследуемой области [5].

Цель исследования - выявить содержание кислоторастворимых форм свинца в донных отложениях залива Посьета и сравнить с предельно допустимыми концентрациями (ПДК).

Задачи – сравнить полученные данные по содержанию свинца с ПДК, выявить закономерности распределения свинца в донных отложениях исследуемой территории.

Объектом исследования являлись образцы донных отложений (аквапочв), отобранных в ходе экспедиции 83 рейса на Рейс 83 НИС «Профессор Гагаринский» с помощью геологических колонок с глубин от 30 м до 224 м (глубина, без учёта осаждения судна 4.25 м), проводилось послойное изучение образцов до 10 см в шельфовой зоне и дна залива Посьета, расположенного в Японском море в Приморском крае. Схема-карта отбора образцов представлена на рисунке.

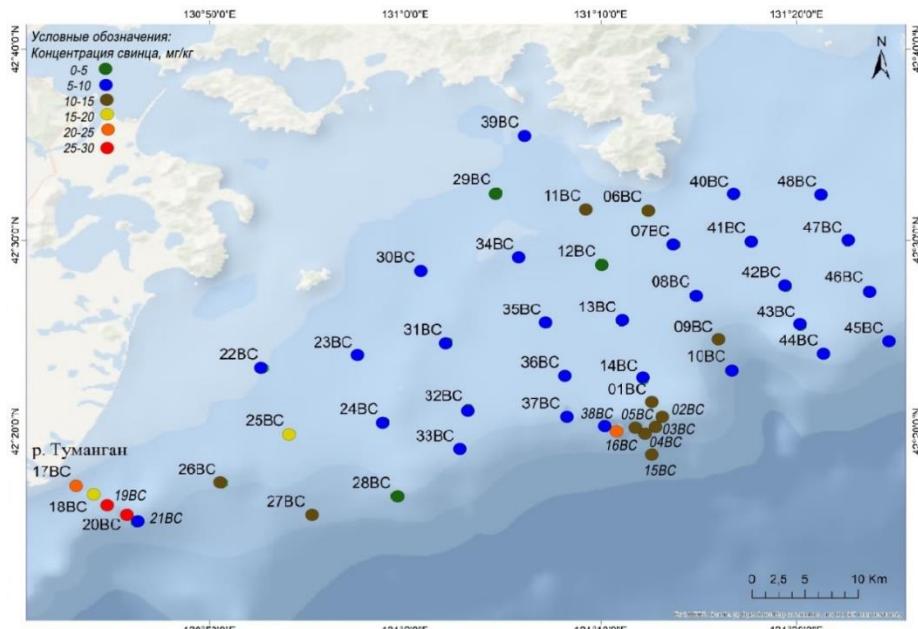


Рисунок - Карта исследуемого участка со схемой отбора донных отложений и концентрации свинца, мг/кг

В работе использовались следующие методы исследования почв: Определение кислоторастворимых форм свинца по [4] на атомно-абсорбционном спектрофотометре.

Исследования показали, что превышений ПДК во всех точках отбора выявлено не было. Однако для характеристики содержания свинца его содержание условно были разбиты по шести градациям, а именно: 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30 мг/кг. Таким образом преимущественно большая часть объектов исследования по содержанию свинца пришлось в диапазон от 5 до 10 мг/кг. Точки 17BC, 19BC, 20BC, имеют показатели концентрации свинца, превышающие значения 20-25 и 25-30 мг/кг, что связано с впадающей в Японское море рекой Туманган или Туманная, в которую поступают промышленные стоки на территории КНР и КНДР. Об остальных точках точно судить будет некорректно, так как течения и терригенный сток мог отложить загрязняющие вещества от любой из внутренней бухты в Заливе Посьета, либо иного другого предприятия расположенного вблизи исследуемой области.

Следуя карте-схеме участка (рисунок 1), и соотнеся с ПДК представленные в ней данные, напрашивается вывод, что ни одна из точек отбора не показывает превышение по содержанию свинца [2]. Из всех результатов место с самым высоким содержанием находится у дельты реки Туманная, которая в связи с промышленной деятельностью, сильно загрязнена. Вследствие этого и наблюдаются такие повышенные значения, однако судить о загрязнении акватории лишь по одной концентрации кислоторастворимых форм свинца в донных отложениях будет неправильно, ведь существуют и водорастворимые формы, которые намного больше оказывают влияния на морскую фауну и флору.

Работа выполнена при поддержке Государственного задания Минобрнауки России №FZNS-2023-0019.

#### Список литературы

- Богаткина, В. Опасность свинца и его влияние на окружающую среду/ В. Богаткина, Е.А. Скудаева // Научное и техническое обеспечение АПК состояние и перспективы развития: материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию ФГБОУ ВО Омский ГАУ/ Омск, 2023. - С. 679-683.

2. ГН 2.1.7.2041—06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве 2006. - 15 с.

3. Мощенко, А.В. Современное загрязнение донных отложений и экологическое состояние макрозообентоса в прибрежной зоне Владивостока (залив Петра Великого Японского моря) / А.В. Мощенко, Т.А. Белан, Б.М. Борисов, Т.С. Лишавская, А.В. Севастьянов// Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт г. Владивосток. Известия ТИНРО, 2019. Том 196. С. 155-181.

4. РД 52.18.191-89 Методические указания Методика выполнения измерений массовой доли кислоторасторвливых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом Государственной комитет СССР по гидрометеорологии Москва 1990.

5. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

---

Ягова В.И.<sup>1</sup>, Карпенко Т.Ю.<sup>1,2</sup>

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ГУМУСА БУРОЗЕМОВ ПОЛУОСТРОВА ГАМОВА МЭС МЫСА ШУЛЬЦ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

<sup>1</sup>Кафедра почвоведения ИМО ДВФУ

<sup>2</sup>Институт химии ДВО РАН, г. Владивосток

<sup>1</sup>Научный руководитель – ассистент Карпенко Т.Ю.

Приморский край расположен на территории, характеризующейся с одной стороны уникальными, с другой весьма непростыми погодными условиями, муссонного климата. Основной процесс почвообразования данной территории – буровемообразование. Такие почвы характеризуются небольшим содержанием гумуса, тяжелым гранулометрическим составом и плохими водно-воздушными свойствами [2]. На островных и полуостровных территориях юга Приморья расположена специфическая биоклиматическая зона с геохимическим воздействием океана. Это выражается в своеобразном накоплении органического вещества в профиле и процессе почвообразования в целом и по Иванову [1]. Мощность органо-гумусово-аккумулятивных горизонтов данной территории бывает высока в сравнении с континентальной частью.

Некоторые территории (почвы) в районе прибрежно-островной зоны Японского моря не были исследованы из-за «закрытости» данной местности, являющейся объектами военных или заповедных границ, МЭС мыс «Шульца» одна из таких территорий. Проведение исследования по изучению качественного состава гумуса почв на данном полигоне в Приморском крае является актуальной задачей, так как полученные данные могут быть использованы с соответствующими корректировками для исследований изменения не только качества почв, но и изучения изменения процесса почвообразования в прибрежной зоне Японского моря.

Цель данной работы – оценить качественный состав гумуса буровеземов полуострова Гамова МЭС мыса Шульца в Приморском крае.

В качестве объекта выбраны почвы, отобранные в весенний период 2023г., в прибрежной климатической зоне юга Приморского края, на полуострове Гамова в западной части побережья залива Петра Великого (Японское море) на территории Морской экспериментальной станции (далее МЭС) мыс Шульца ТОИ ДВО РАН. Согласно классификации почв России [4] исследуемые почвы соответствуют типам буровеземов и буровеземов темных, по системе WRB – Umbric Cambisols/ Mollic

Cambisols [3]. Почвы были отнесены к буровоземам типичным, однако дальнейшие исследования почв МЭС мыса Шульц показало, что встречаются буровоземы с более мощным гумусовым горизонтом, отличающиеся по морфологическим признакам от ранее описанных.

Гумус является такой частью почвы, выполняющей одну из главных функций в создании необходимых условий для роста и развития растений. Он включает в себя основные элементы питания растений, которые образуются в почве в процессе его минерализации. Исследования по содержанию гумуса и качественному составу гумусовых кислот в данных почвах ранее не проводились. Результаты изучения качественного состава гумуса почв представлены в таблице.

Таблица

Физико-химические свойства и гумус буровоземов МЭС мыса Шульц

Индекс горизонта	рН		Гумус %	СГК	СФК
	H <sub>2</sub> O (актуальная)	KCl (обменная )			
Почва в лесной зоне (буровозем типичный)					
AY	5,56	3,69	6,2	3,29	0,74
AYBM	6,54	4,02	2,4	2,17	0,87
BM1	6,04	4,13	0,8	1,24	0,99
BM2	6,55	4,34	0,7	0,87	0,76
BC	6,39	4,08	0,4	0,59	0,50
Почва на северном склоне (буровозем темногумусовый)					
AU	6,02	4,31	7,0	3,48	0,54
BM1	6,16	4,30	2,5	2,61	1,18
BM2	6,29	4,30	1,2	1,86	0,84
Почва на западном побережье (буровозем темногумусовый)					
AU	6,28	4,30	7,1	3,17	0,22
AUBM	5,94	4,24	1,0	2,48	0,62
BM	6,65	4,14	1,5	1,80	0,74

Согласно проведенному исследованию можно сделать вывод, что содержание общего углерода в почвах достаточно высокое и составляет в среднем 4% в верхнем горизонте, снижается вниз по профилю. Тип гумуса (соотношение СГК /СФК) преимущественно гуматный и сменяется вниз по профилю в фульватно-гуматный. Почвы леса – кислые в верхнем горизонте и слабо кислые вниз по профилю. При смене растительности - почвы северного склона и западного побережья изменяются, происходит трансформация буровоземов, почвы становятся слабокислые 6,02-6,28 вниз по профилю кислотность также снижается.

*Список литературы*

1. Иванов, Г.И. Почвообразование на юге Дальнего Востока / Г.И. Иванов. – М.: Наука, 1976. – 199 с.
2. Пшеничников, Б.Ф. Влияние растительности на гумусообразование и морфологическое строение приокеанических буровоземов юго-восточной части Приморья/Б.Ф. Пшеничников, Н.Ф. Пшеничникова // Почвоведение. – 2015. – № 4. – С. 387-396.
3. Рабочая группа IUSS WRB Мировая реферативная база почвенных ресурсов 2014, исправленная и дополненная версия 2015. Международная система почвенной классификации для

диагностики почв и создания легенд почвенных карт. Доклады о мировых почвенных ресурсах №106.  
– ФАО, Рим. – 2015. – 216 с.

4. Шишов, Л.Л. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов,  
И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.

---

Янькова А.А.

## ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ЛЕСНОЙ ОПЫТНОЙ ДАЧИ РГАУ-МСХА

ФГБОУ ВО РГАУ — МСХА имени К. А. Тимирязева, институт Агробиотехнологии, Москва, Россия  
Научный руководитель - к.б.н., доцент Н.Л. Каменных

Целью работы является изучение структурного состояния и гранулометрического состава дерново-подзолистых почв под древостоями разного состава ЛОД РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: изучение литературы по теме исследования; таксационная характеристика пробных площадей; анализ морфологических свойств дерново-подзолистых почв; оценка физико-химических свойств почв в зависимости от состава древостоя; оценка структурного состояния почв под древостоями различного состава; оценка гранулометрического состава под древостоями различного состава.

При изучении влияния древесных насаждений на строение, состав и свойства дерново-подзолистых почв ЛОД РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева было проведено обследование 4 пробных площадей: пробные площади О и К в VIII квартале, где древостой представлен чисто лиственным составом насаждений, III квартал - пробная площадь Е и IV квартал - пробная площадь Н с чисто хвойным составом насаждения. Название почвам было дано исходя из классификации 1977 года [1, 2, 3].

Наилучшее структурное состояние имеет дерново-подзолистая почва 8 квартала пробной площади К и О под чисто лиственным составом древостоя. Коэффициент структурности на пробной площади О улучшается в нижележащих горизонтах (горизонт В), что касается почвы 8 квартала пробной площади К, то коэффициент структурности, наоборот, выше в подзолистом горизонте и постепенно снижается вниз по профилю. В общем и целом, при сухом просеивании под чисто лиственными коэффициент структурности был лучше.

Изучая водоустойчивость структуры, процентное содержание суммы агрегатов  $>0,25$  мм получилось довольно равномерным, особенно это наблюдалось в горизонте A<sub>2</sub>B. В целом, водоустойчивость структуры в дерново-подзолистых почвах под чисто хвойным и лиственным древостоем оценивается как удовлетворительная.

По данным, полученным после определения гранулометрического состава исследуемых почв, можно сделать вывод, что под хвойными насаждениями изменяется гранулометрический состав вниз по профилю от легкосуглинистого до среднесуглинистого, а под лиственными от легкосуглинистого до супесчаного. Нижние горизонты почв под хвойным древостоем имеют среднесуглинистый гранулометрический состав, а под лиственным супесчаный, что связано, по всей видимости, с отличиями гранулометрического состава почвообразующих пород. Хотелось бы отметить, что ведущим фактором при оценке структурного состояния дерново-подзолистых почв является в большей степени гранулометрический состав, а не древостой.

Гранулометрический анализ был проведен методом пипетки (вариант Н.А. Качинского с подготовкой почвы к анализу пирофосфатным методом по С.И. Долгову и А.И. Личмановой).

Полученные результаты гранулометрического и агрегатного анализа были сопоставлены и проанализированы. Это позволило сделать выводы о влиянии состава древостоя на гранулометрический состав и структуру дерново-подзолистых почв.

Из проведенного изучения гранулометрического состава и агрегатного анализа дерново-подзолистой почвы можно сделать вывод о тесной взаимосвязи между ними.

Гранулометрический анализ подтвердил, что под хвойными лесопородами почвы приобретают характер от легкосуглинистых до среднесуглинистых, а под лиственными – от легкосуглинистых до супесчаных. Исследование указывает на то, что структурное состояние почв в большей степени формируется гранулометрическим составом, нежели видом растительного покрова. Сопоставление результатов гранулометрического анализа, проведенного методом пипетки, с агрегатным анализом позволяет выявить влияние типа деревьев на состав и структуру почвы.

В отдельности приведены результаты анализа по четвертому, третьему и восьмому кварталам площади, которые указывают на изменчивость состава почвы от среднесуглинистого до легкосуглинистого в зависимости от фракций песка, пыли и ила. Информация, полученная из исследования, позволяет провести классификацию почв в соответствующие категории.

#### *Список литературы*

1. Васильев, Н.Г. А.Р. Варгас де Бедемар – основатель лесной опытной дачи Петровской земледельческой и лесной академии (ТСХА)/ Н.Г. Васильев, О.А. Савельев, А.Н. Поляков // Известия ТСХА: выпуск 6. – М.: Издательство РГАУ-МСХА, 1991. – С. 195-203.
2. Дубенок, Н.Н. Гидрологическая характеристика территории Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева/ Н.Н. Дубенок, А.В. Лебедев, А.В. Гемонов // Известия ТСХА, выпуск 2. – М.: Изд.: РГАУ-МСХА, 2018. – С. 5-17.
3. Наумов, В.Д. Экологическая оценка состояния древостоя на территории Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева/ В.Д. Наумов, О.Г. Бардачева // Известия ТСХА: выпуск 2. М.: Изд.: РГАУ-МСХА, 2008. – С. 42-52.

---

Ячмень Л.П.<sup>1</sup>, Биклибаева А.Р.<sup>1</sup>, Гилёв А.М.<sup>1,2</sup>, Сухин Д.В.<sup>1</sup>, Бондаренко М.Л.<sup>1</sup>

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО СУБСТРАТА НА ОСНОВЕ AHNFELTIA TOBUCHIENSIS И ЖИДКИХ ГУМАТОВ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ БАЗИЛИКА В ГИДРОПОНИКЕ**

<sup>1</sup> Кафедра Почвоведения ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Компания ООО «РУБИСКО»

Научный руководитель – ассистент М.Л. Бондаренко

В последние годы стало популярно выращивать листовые культуры с использованием гидропонных технологий. Гидропоника – это выращивание различных культур без использования почвы, в различных субстратах, например – минеральная вата, керамзит и т.д. [4] с использованием питательного раствора, который является основой всего процесса выращивания.

Следует отметить, что неорганические субстраты, такие как минеральная вата и керамзит, не содержат в себе питательных элементов, поэтому для успешного выращивания растений в гидропонике необходимо применение минеральных удобрений [1]. Однако продукция, выращенная с использованием исключительно минеральных удобрений, может отличаться от традиционно

выращенной в почве за счет недостатка органических соединений, таких как аминокислоты, витамины и т. д. [3]. Для повышения качества гидропонной продукции возможно внедрение органических удобрений и использование органического субстрата, например, комбинация гумата натрия и анфельции. Гуматы ускоряют рост и развитие, стимулируют цветение и созревание, урожайность и качество сельскохозяйственной продукции, повышают устойчивость растений к различного рода стрессам [4]. Анфельция (красная водоросль), содержащая много питательных веществ и витаминов, имеет такие характеристики, как инертность и способствовать укоренению растений. Совместное их использование способно приблизить выращивание в гидропонике к органическому и уменьшить углеродный след.

**Целью исследования** является рассмотрение совместного использования органического удобрения гумата натрия и субстрата представленный анфельцией тобучинского на рост (высота) базилика зелёного в гидропонике.

Объектом исследования в качестве органического субстрата была выбрана анфельция (красная водоросль из семейства *Ahnfeltiaceae*) и смесь гуминовых и фульвокислот (гумат натрия) в качестве органического удобрения. Смесь гуминовых и фульвокислот была получена в лаборатории путём извлечения из поверхностного горизонта агропочв раствором пирофосфата и гидроксида натрия; и использовался для приготовления питательного раствора в соотношении 20 мл на 1 литр воды. В качестве растений были использованы семена базилика зеленого компании ГАВРИШ.

Обработка и подготовка анфельции для дальнейшего выращивания происходила в несколько этапов: промывка дистиллированной водой и замачивание в KMnO<sub>4</sub> (перманганат калия), далее промывание и заливание 15% раствором перекиси водорода, следом промывание дистиллированной водой и сушка. Перед переносом в гидропонику, анфельцию положили в сетчатые стаканчики, затем в неё поместили семена базилика зеленого для проращивания. После того, как растения проросли и укоренились в анфельции, их поместили в гидропонную установку в количестве 5 шт.

В ходе тридцати трёхдневного исследования осуществлялось регулярное измерение показателей субстрата (влажность, температура) и питательного раствора (рН, электропроводность), а также рост растений. Для этого использовались специальные измерительные приборы, такие как влагомер для определения влажности субстрата, термометр для измерения температуры, кондуктометр для оценки электропроводности питательного раствора и pH-метр для контроля уровня pH. Также осуществлялось измерение динамики роста растений при помощи линейки. Полученные данные представлены в таблице 1 в виде средних значений, которые были получены в результате анализа и обработки с помощью Microsoft EXEL.

Таблица

Показатели растений, питательного раствора и субстрата за время проведения вегетационного опыта

Показатели Стадия опыта	Средний рост растений (см)	Питательный раствор		Показатели субстрата	
		pH среды	Электропроводность, ppm	Влажность, %	Температура, °C
Начало опыта	2,13	6,0	840	10,94	22,3
Середина опыта	2,96	7,7	748		
Конец опыта	3,97	7,6	758		

В ходе проведения вегетационного опыта были получены данные по динамике роста растений в гидропонике. Выявлено, что в начале опыта рост растений составил 2,13 см, а к концу опыта – 3,97 см. В течение периода исследования рост растений увеличился в среднем на 1,8 см, что свидетельствует о

неудовлетворительной динамике роста растений (для удовлетворительной динамики увеличение роста должно составлять не менее 2,8 см). Показатели питательного раствора имели следующие значения: pH среды с начала опыта изменилась со слабокислой (pH 6,0) на нейтральную (pH 7,6–7,7) в середине и конце. Содержание солей (электропроводность) за время опыта не претерпело заметных изменений и находилось в диапазоне 748–840 ppm (таблица).

Однако стоит отметить, что совместное использование анфельции в качестве субстрата и смесь гуминовых и фульвокислот (гумат натрия) в качестве удобрения оказало негативное воздействие на рост и развитие базилика зеленого в гидропонной установке. При использовании высококонцентрированного раствора гумата натрия наблюдалась гибель растений, предположительно вызванная избыточной концентрацией ионов натрия. Для дальнейших экспериментов необходимо оптимизировать концентрацию гуматов натрия или подобрать альтернативный способ их извлечения.

#### *Список литературы*

1. Богословский, В.Н. Агротехнология будущего / В.Н. Богословский, Б.В. Левинский, В.Г. Сычев. – М.: Изд-во РИФ «Антиква», 2004. – 163 с.
2. Дирин, В.В. Эффективность применения препарата Гидрогумин на сое / В.В. Дирин, А.Я. Барчукова, Я.К. Тосунов // Труды Кубанского аграрного университета, 2016. – № 58. – С. 107-111.
3. Олива, Т.В. Экологизация тепличного производства салата на беспочвенном субстрате с использованием системы капельного полива // Т.В. Олива, С.И. Панин, Н.М. Шевель, М. А. Куликова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. - № 6. С. 1644.
4. Орлов, Д.С. Свойства и функции гуминовых веществ. Гуминовые вещества в биосфере / Д.С. Орлов. – М.: Наука, 1993. – С. 16-27.

## Раздел XIII

### ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ

Сероштан А.И.<sup>1</sup>, Иванов Н.П.<sup>1</sup>, Мармаза П.А.<sup>1</sup>, Шичалин О.О.<sup>2</sup>

#### ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ФЕРРИТА $ZnFe_2O_4$ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ СИНТЕЗА С ЦЕЛЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОДНОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ВОДОРОДА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИЗА

<sup>1</sup>Департамент Ядерных Технологий ИТПМ ДВФУ

<sup>2</sup>Сахалинский Государственный университет, Южно-Сахалинск, Россия

<sup>1</sup>Научный руководитель - к.х.н., научный сотрудник Шичалин О.О.

Для развития водородной энергетики требуется создание эффективных и экологически чистых электродных материалов. Несмотря на высокие каталитические характеристики платины, ее использование ограничено высокой стоимостью и редкостью [1]. Экологичным и экономически выгодным решением данной проблемы, согласно исследованиям, могут стать смешанные оксиды общего состава  $ZnFe_2O_4$  вследствие специфических электромагнитных свойств, легкодоступности сырья и минимального урона окружающей среде [2].

В данной работе изучены характеристические свойства феррита  $ZnFe_2O_4$ , полученного тремя различными методиками; исследовано электрохимическое поведение керамики из синтезированного материала в условиях спекания при температурах 1000<sup>0</sup>С и 1100<sup>0</sup>С. Проверка пористости и удельной площади поверхности материала до спекания керамики была проведена методом БЭТ (рисунок 1).

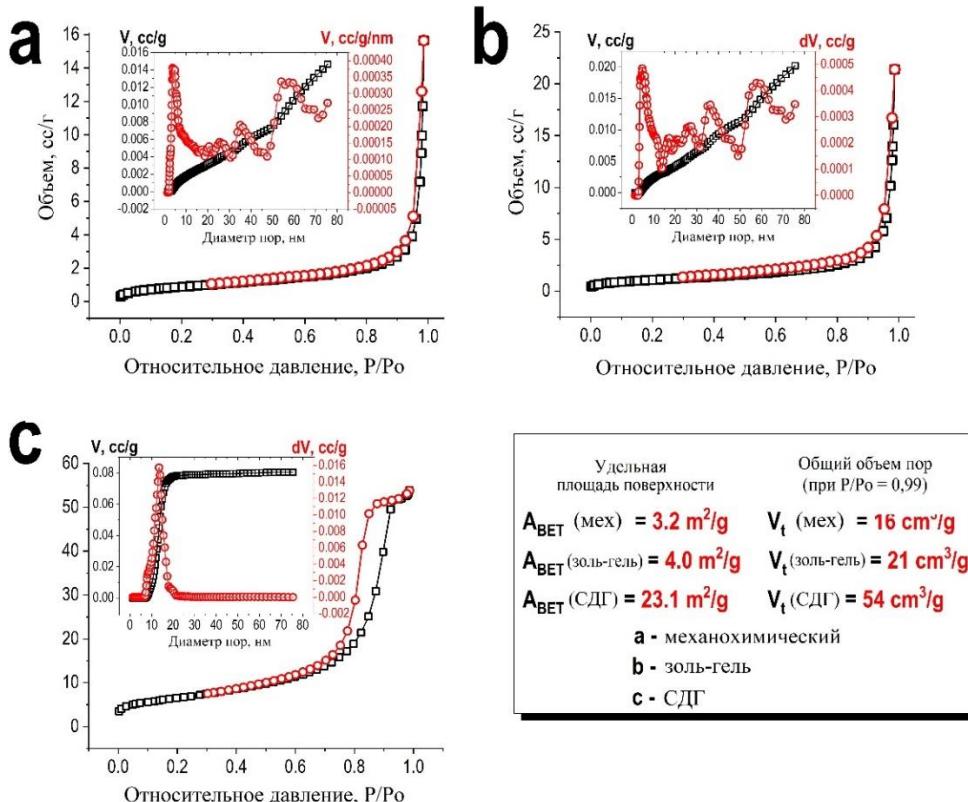


Рисунок 1 – Описание физической адсорбции методом БЭТ, синтезы:  
а – механохимический; б – золь-гель; в – СДГ.

Согласно полученным данным, для СДГ-образца характерна мезопористая поверхность, тогда как для материала золь-гель и механохимического синтезов архитектура поверхности разрознена; разница в удельной площади поверхности и объеме пор может иметь значительный влияние на электрохимические свойства, следовательно, ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-СДГ имеют большой потенциал для применения в качестве катодных материалов.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Сахалинского государственного университета № FEFF-2024-0001*

#### *Список литературы*

1. Heterostructures for Electrochemical Hydrogen Evolution Reaction: A Review / G. Q. Zhao, K. Rui, S. X. Dou, W. P. Sun // Advanced Functional Materials. – 2018. – V. 1803291. – P. 1-26.
2. Stable mesoporous ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> as an efficient electrocatalyst for hydrogen evolution reaction / M. Sun, Y. Chen, G. Tian [et al.] // Electrochimica Acta. – 2015. – V. 190. – C. 1-24.

---

Елентенко П.П., Григорьева А. Е., Грук В. А., Азон С.А.

### **БЫСТРОЕ ПРОТОТИПИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРЕСС-ФОРМ ДЛЯ ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКОГО ЛИТЬЯ**

Департамент ядерных технологий ИТПМ ДВФУ

Научный руководитель - к.х.н., научный сотрудник Шичалин О.О.

В работе продемонстрирован опыт реализации подхода к производству полимерных изделий с использованием оснастки, разработанной аддитивным методом – методом послойной печати (FDM). Совмещение аддитивных и традиционных технологий литья может позволить значительно снизить сложность изготовления пилотной серии деталей из полимерных материалов при разработке новых изделий. При таком подходе не требуется высокая долговечность пресс-формы, поэтому изготовление формовочных элементов из закаленной стали или алюминиевых сплавов, выдерживающих тысячи циклов, не требуется. Для небольших партий полимерных изделий выгодно изготавливать формы из термостойких полимерных и композиционных материалов, при этом доступных на рынке и поддающихся быстрой и технологически простой технологии формования.

Для исследования было выбрано изделие медицинского назначения, кольцо-элемент аппарата Илизарова (рисунок 1). Выбор обусловлен несколькими ключевыми факторами, во-первых, конструкционная простота изделия позволяет быстро произвести проектирование и производство необходимой оснастки, а также легко контролировать сам процесс и результат отливки, фиксируя дефекты при их наличии. А во-вторых, существует реальный запрос на персонализированное производство медицинского оборудования, отвечающего текущим запросам пациента.

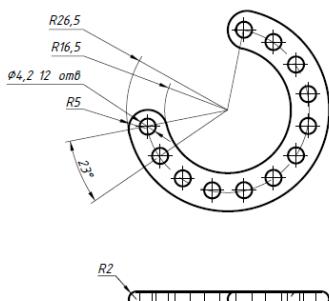


Рисунок 1 – Чертёж кольца для аппарата Илизарова

Была разработана трёхмерная цифровая модель соответствующей пресс-формы (рисунок 2). Для её изготовления использовались FDM 3D принтер Picasso Designer X и акрилонитрилбутадиенстирол (АБС).

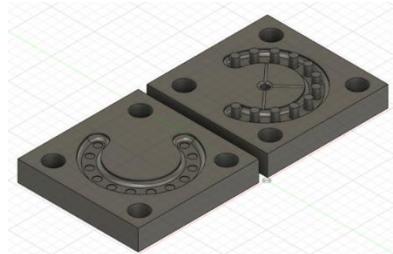


Рисунок 2 – Цифровая 3D-модель пресс-формы для литья под давлением

Для повышения прочностных и поверхностных качеств пресс-форма была подвергнута гальванической обработке (рисунки 3 и 4). Процесс нанесения гальванических покрытий на АБС-пластик аналогичен процессу нанесения гальванических покрытий на металлы, с той разницей, что перед нанесением покрытия образцы необходимо обработать определенным образом, создав проводящую поверхность. Для этого была использована измельченная графитовая фракция с размером частиц менее 100 мкм в смеси с термореактивным полимеризующимся kleем БФ2. Компоненты были подобраны в соотношении 8 объёмных частей графита к 2 объемным частям клея. В качестве электролита был использован раствор сульфата меди в смеси с серной кислотой и этиловым спиртом. Источником меди для покрытия служил анод, представленный медной пластиной, сама форма таким образом служила катодом. Толщина итогового покрытия составила 0,5 мм.

В ходе испытаний пресс-формы литьем под давлением было изготовлено 6 образцов кольца из композиционного материала полиамид-6, армированного короткими углеволокнами, при этом срок службы пресс-формы не истек. Форма не продемонстрировала значительных деформаций под действием давления и температуры. Отлитые изделия полностью отвечают предъявляемым к ним требованиям, что свидетельствует о жизнеспособности вышеописанного подхода.



Рисунок 3 – Внутренняя поверхность пресс-формы после нанесения покрытия

---

Кокорина Н.Г., Балыбина В.А., Куулар Ж.С., Савельева Н.Ю.

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ГИДРОФОБНОГО НЕФТЕСОРБЕНТА**

Департамент ядерных технологий ИТПМ ДВФУ

Научный руководитель – к.х.н., доцент Драньков А.Н.

Синтез магнитного гидрофобного нефтесорбента проводили путем смешивания силиката натрия и хлорида кальция в равных пропорциях с одновременным добавлением магнитных наночастиц, содержащих хлорид железа и соль Мора. Получившуюся смесь нагревали при 100 °C и постоянном

перемешивании в течение двух часов. После перемешивания смесь промывали и отфильтровывали во избежание выделения хлорид-ионов. Отфильтрованную смесь сушили при 90 °С в течение суток.

Далее следовала гидрофобизация полиэтиленом: в плоскодонную колбу объёмом 250 мл с обратным холодильном помещали 0,6 г волокон полиэтилена и добавляли 100 мл толуола при интенсивном перемешивании и нагреве до 120 °С на магнитной мешалке до полного растворения компонентов с образованием гомогенной смеси. Затем в полученный гомогенизированный раствор добавили магнитный силикат кальция и перемешивали на магнитной мешалке в течение 60 минут, при медленном остывании раствора происходил процесс полимеризации полиэтилена и сшивка в его структуре частиц магнитного силиката кальция. После этого отфильтровывали раствор и сушили в течение 24 часов в вытяжном шкафу при комнатной температуре до испарения толуола, а затем выдерживали в сушильном шкафу при 90 °С в течение 6 часов. Полученный сорбент представляет собой пористый углеводородный сополимер, в структуру которого входят частицы силиката кальция, содержащего магнитные наночастицы. Оптимальное соотношение полиэтилена и магнитного силиката кальция 1:5.

Изображение поверхности полученного образца представлены на рисунке 1. Микроскопические исследования полученного сорбента позволили установить, что поверхность материала имеет рыхлую неупорядоченную микроструктуру и нанопористые образования. Согласно морфологии композитного материала структура гомогенна, магнитные наночастицы, а также наночастицы силиката кальция в объеме полиэтилена распределены равномерно.

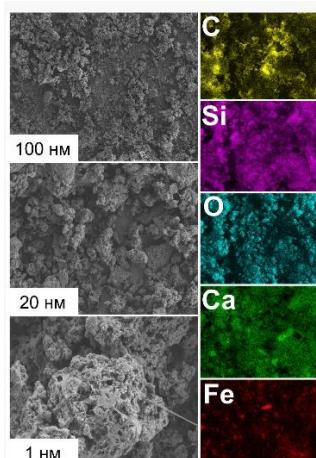


Рисунок 1 – Изображения поверхности полученного сорбента

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-73-01160*

---

Савельева Н. Ю., Балыбина В.А., Куулар Ж.С., Кокорина Н. Г.

**СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ  
ФЕРРОЦИАНИДОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕЗИЯ ИЗ ЖИДКИХ СРЕД**

Департамент ядерных технологий ИТПМ ДВФУ

Научный руководитель – А. Н. Драньков.

В работе проведен синтез композитных материалов на основе смешанных ФЦ К-Со и К-Си в составе с силоксан-акрилатной эмульсией и полиэтиленом. Установлено, что фазовый состав материалов характеризуется высокоорганизованной кристаллической структурой.

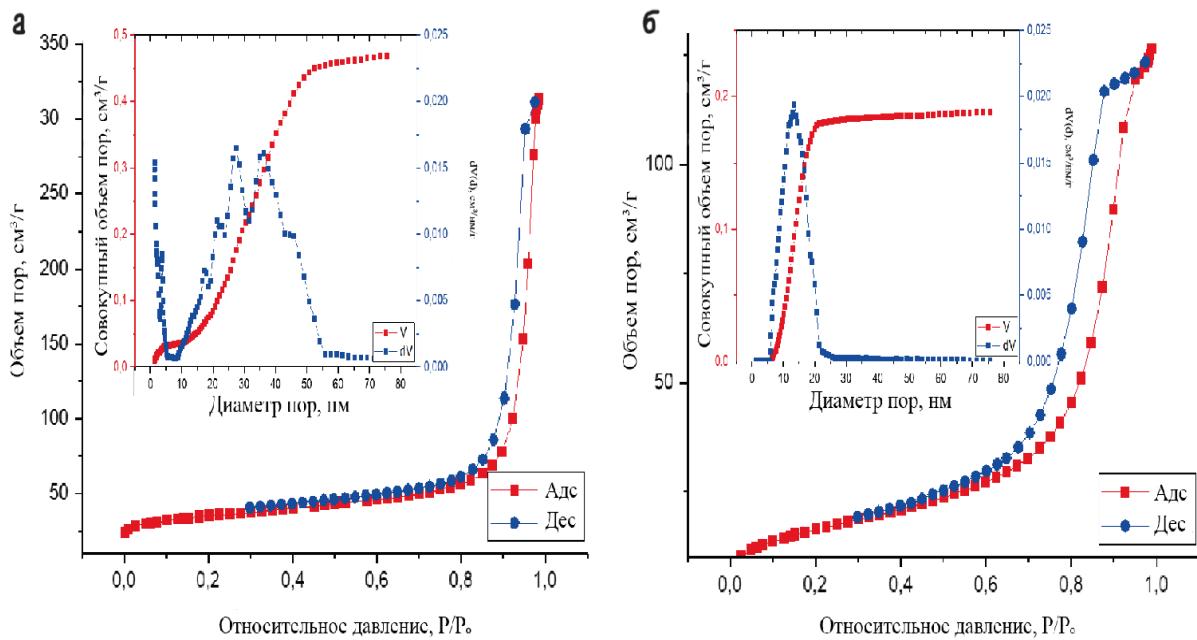


Рисунок 1 – Изотермы низкотемпературной сорбции-десорбции азота и гистограммы распределения размера пор, рассчитанного по методу DFT, для ФЦ: (а) – ФЦ К-Су + ПЭ; (б) – ФЦ К-Со + ПЭ

Методом функционала плотности (рис. 1а) определено, что полное заполнение пор происходит при очень низких относительных давлениях, которое подтверждается идентичным диапазоном размера микропор. Очевидное отличие имеет образец (ФЦ К-Со-ПЭ), переход формы петли гистерезиса изотермы адсорбции-десорбции азота от типа Н1 к Н2 указывает на формирование мезопор в составе образца (рис. 1б). Это подтверждено расчетом по методу DFT, где на графике распределения пор по размерам видно, что в объеме образца сформированы мезопоры размером в диапазоне 0,5 – 2 нм.

Изучены сорбционные свойства полученных сорбентов по отношению к  $^{137}\text{Cs}$ , извлекаемому из модельных растворов. Значения коэффициентов распределения ( $K_d$ )  $^{137}\text{Cs}$  на различных образцах сорбентов в растворах нитрата натрия с концентрацией 0,1 и 1,0 моль/дм<sup>3</sup> и в разбавленной в 5 раз морской воде (МВ/5), приведены в таблице.

Таблица 1

Значения коэффициента распределения ( $K_d$ )  $^{137}\text{Cs}$  на различных сорбентах

Наименование образца	Значения $K_d$ $^{137}\text{Cs}$ , см <sup>3</sup> /г при сорбции из раствора		
	0,1 моль/дм <sup>3</sup> NaNO <sub>3</sub>	1,0 моль/дм <sup>3</sup> NaNO <sub>3</sub>	МВ/5
ФОЦ Cu-РЕ	22600	21800	38000
ФОЦ Со-РЕ	21800	11200	20800
БГЛ	19000±400	2400±100	-
КЛ(Хол)	1800±100	64±3	1500
NaA	680±20	20±2	200
ФНС	84000±2500	60000±2000	11000

Результаты исследования показывают, что наиболее высокими сорбционными характеристиками по отношению к  $^{137}\text{Cs}$  обладает образец ФЦ К-Су-ПЭ, значение  $K_p$  для которого превышает значения для промышленно используемых сорбентов (табл. 1). Разработанные сорбционные материалы представляют перспективу для синтеза эффективных и практически востребованных селективных сорбентов, получаемых простым и дешевым способом.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № FZNS-2023-0003.

Куулар Ж.С., Балыбина В.А., Савельева Н.Ю., Кокорина Н.Г.

**СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ОКСИДА ВОЛЬФРАМА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СТРОНЦИЯ ИЗ ВОДНЫХ СРЕД**

Департамент ядерных технологий ИТПМ ДВФУ

Научный руководитель – к.х.н., доцент Драньков А.Н.

В наше время вопрос о повышении уровня загрязнения окружающей среды радиоактивными веществами становится все более актуальным, и необходимо разработать новые эффективные методы их удаления из водных ресурсов. Загрязнение воды стронцием может привести к заболеваниям живых организмов, а также негативно отразиться на экосистеме и биологическом разнообразии в долгосрочной перспективе. Поэтому главной целью данного исследования является синтез и изучение сорбционного материала на основе оксидов вольфрама для извлечения стронция из водных сред.

Синтез образцов проводился путем добавления раствора  $\text{Na}_2\text{WO}_4$  к раствору  $\text{TiCl}_3$ , при этом поддерживалось значение pH 4-5. Полученную смесь перемешивали, оставляли на оседание, процеживали и промывали дистиллированной водой. Осадок высушивали и нагревали при различных температурах, получая образцы с условными обозначениями  $\text{WO}_3$ -100,  $\text{WO}_3$ -300,  $\text{WO}_3$ -600,  $\text{WO}_3$ -900. Готовый результат представлен частицами желто-зеленого цвета неправильной формы. Перед началом эксперимента материалы очищали от пыли.

Были проведены сорбционные эксперименты в статических и динамических условиях. С помощью них были так же исследованы сорбционные характеристики оксидов вольфрама. Выявили оптимальные условия эффективного извлечения упомянутых радионуклидов из водных сред различного химического состава, включая морскую воду.

Установлено, что температура прокаливания влияет на характеристики образцов, и материалы, полученные при 100°C и 300°C, имеют рентгеноаморфную структуру и хорошую прочность, подходящую для использования в сорбционных колоннах. Материалы, прогретые при 600°C и 900°C, имеют рыхлую структуру и низкую механическую прочность, что затрудняет их использование в сорбции Sr-90. Определено, что материал, полученный при 100°C, обладает высокой прочностью и может эффективно удалить стронций из слабых и среднеминерализованных жидких сред [1].

*Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № FZNS-2023-0003.*

*Список литературы*

1. Драньков, А. Н. Селективные композитные сорбенты для очистки загрязненных радионуклидами водных сред: синтез, свойства и применение : дис. ... канд. хим. наук : 1.5.15 / Драньков Артур Николаевич ; науч. рук. И. Г. Тананаев ; ДВФУ и ИХ ДВО РАН. – Владивосток, 2022. – 10-16 с.

Капустина О. В.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СООТНОШЕНИЯ ГИДРОКСИАПАТИТА КАЛЬЦИЯ К СИЛИКАТУ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОСТЕОИНДУКТИВНОЙ КЕРАМИКИ

Департамент ядерных технологий ИТПМ ДВФУ

Научный руководитель – к. х. н., научный сотрудник Шичалин О. О.

Реконструктивная и регенеративная хирургия костей основана на использовании высокотехнологичных биосовместимых имплантатов, необходимых для восстановления функций и формы костных тканей пациентов. Большинство таких дефектов приводят к критическим потерям костной ткани, не подлежащим восстановлению естественным путем [1].

Реконструктивная и регенеративная хирургия костей основана на использовании высокотехнологичных биосовместимых имплантатов, необходимых для восстановления функций и формы костных тканей пациентов.

Идеальный заменитель костного трансплантата должен быть: остеокондуктивным, остеоиндуктивным, биосовместимым, биорезорбируемым, структурно похожим на кость, простым в использовании и экономически эффективным. В то же время он может на ранней стадии образовывать границу соединения кости с костной тканью, со временем разлагаться и, наконец, быть полностью заменен аутологичной костной тканью [11].

Для инжиниринга костной ткани сейчас в основном применяется трикальцийфосфат, силикат кальция и гидроксиапатит кальция (ГАП). Эти соединения обладают высокой биосовместимостью и способностью стимулировать остеогенез, однако в чистом виде имеют недостатки, связанные с неподходящей скоростью растворения, остеогенеза и прочностью.

Один из подходов к решению этой проблемы заключается в синтезе композитного материала. В нашей работе исследована линейка, образцов, представляющая собой композитный материал на основе ГАП и силиката кальция.

Предполагается, что в таком композите гидроксиапатит необходим для реализации сайтов зародышевого роста кости. Волластонит служит дополнительным источником кальция для формования ткани за счет того, что данный материал обладает более высокой скоростью биорезорбции по сравнению с ГАП [38].

В ходе работы была синтезирована линейка материалов с соотношением силиката кальция/ГАП от 100/0 до 0/100. Методика синтеза заключалась в одновременном осаждении компонентов из раствора с последующей гидротермальной обработкой при 180°C в течение 6 часов и отжигом в муфельной печи при 800°C 1 час.

Распределение элементов по поверхности материала согласно методу ЭДС равномерное, что свидетельствует об однородной структуре полученных композитов.

Морфология поверхности образцов отличается. Волластонит имеет слоистую структуру, видны так же игольчатые образования. Структура гидроксиапатита состоит из соединенных между собой цилиндров с закругленными краями. Переход от структуры волластонита к структуре ГАП происходит постепенно, через промежуточные формы.

Исследование биорезорбции *in vitro* показало, что при увеличении массового содержания гидроксиапатита и уменьшении содержания волластонита в композите для образцов с соотношением волластонит/гидроксиапатит 0/100, 7/93, 18/83 общая масса уменьшалась со временем, для данных образцов скорость растворения матрицы выше, чем скорость формирования ГАП на поверхности.

Для образца с соотношением волластонит/гидроксиапатит 43/57 масса при выдерживании в растворе SBF практически не изменялась, что может свидетельствовать о равенстве скоростей растворения матрицы и формирования ГАП.

Для образцов с соотношением волластонит/гидроксиапатит 39/61, 52/48, 64/36, 73/27, 93/7, 93/7, 100/0 наблюдалось увеличение массы образца при увеличении времени выдерживания в растворе SBF, что указывает на преобладание скорости формирования ГАП на поверхности над скоростью растворения матрицы (рис. 1а).

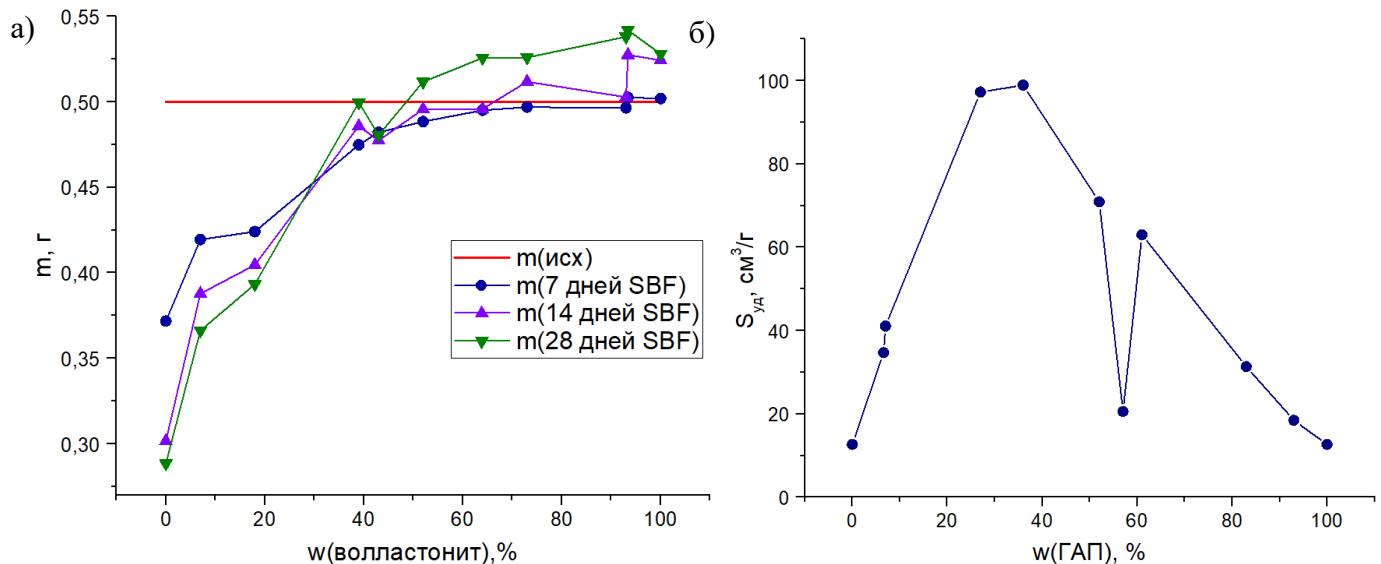


Рисунок 1 – а) зависимость изменения массы образцов от времени выдерживания в растворе SBF; б) зависимость удельной поверхности образцов от содержания ГАП и волластонита

Зависимость удельной поверхности от содержания волластонита и гидроксиапатита имеет максимум при соотношении Волластонит/ГАП 64/36 98,87  $\text{cm}^3/\text{г}$ , минимальное значение достигается для чистых компонентов 12,67  $\text{cm}^3/\text{г}$  (рис. 1б). Как было упомянуто ранее, добавление волластонита к гидроксиапатиту позволяет увеличить удельную поверхность, однако данное утверждение верно только до достижения содержания добавляемого компонента 40%.

#### *Список литературы*

1. Smart Cargo Delivery System based on Mesoporous Nanoparticles for Bone Disease Diagnosis and Treatment / P. Pan, Q. Yue, J. Li [et al.] – DOI 10.1002/advs.202004586 // Advanced Science. – 2021. – Vol. 8, № 12. – P. 1-26.
2. Koons, G. L. Materials design for bone-tissue engineering / G. L. Koons, M. Diba, A. G. Mikos. – DOI 10.1038/s41578-020-0204-2 // Nature Reviews Materials. – 2020. – Vol. 5, № 8. – 584-603.
3. Synthesis and Characterization of HydroxyapatiteWollastonite Composite Powders by SolGel Processing / M. A. Encinas-Romero, S. Aguayo-Salinas, S. J. Castillo [et al.]. – DOI 10.1111/j.1744-7402.2008.02212.x // Int J Appl Ceram Technol. – 2008. – Vol. 5, № 4. – P. 401-411.

Лембиков А.О.<sup>1</sup>, Зернов Я. Г.<sup>2</sup>, Писарев С. М.<sup>2</sup>, Золотников С.К.<sup>2</sup>, Драньков А. Н.<sup>2</sup>

**НИЗКОЛЕГИРОВАННАЯ БЫСТРОРЕЖУЩАЯ СТАЛЬ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В ЖЕЛЕЗНОЙ МАТРИЦЕ, ДИСПЕРСИОННО-УПРОЧНЕННАЯ СРЕДНЕЭНТРОПИЙНОЙ КЕРАМИКОЙ (W, Ti, Ta, Cr) С**

<sup>1</sup>Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ

<sup>2</sup>Департамент ядерных технологий ИТПМ ДВФУ

Научный руководитель – к.х.н., доцент Драньков А. Н.<sup>2</sup>

Развитие современной науки и техники ставит перед материаловедением новые вызовы в плане создания материалов с улучшенными характеристиками. Традиционные подходы к усовершенствованию известных материалов посредством оптимизации химического состава и структуры постепенно исчерпывают свой потенциал. Дальнейший прогресс в области создания материалов с заданными характеристиками требует перехода к принципиально новым подходам, основанным на глубоком понимании происходящих в материалах процессов и внедрении инновационных методов управления этими процессами.

Представлен оригинальный технологический способ получения композитного материала на основе железной матрицы в составе с упрочняющей добавкой на основе тонкодисперсного порошка высокотвердой эквимолярной среднеэнтропийной керамики (СЭК) (W,Ti,Ta,Cr)C. Композит Fe-n(W,Ti,Ta,Cr)C (где n = 0.2, 0.5 и 1.0 at.%) изготовлен комбинацией методов механической активации (МА) и электроимпульсного плазменного спекания (ЭИПС) и последующим закаливанием в атмосфере воздухе. Порошок (W,Ti,Ta,Cr)C получен из керамического образца, который изготовлен высокоскоростной ЭИПС консолидацией механоактивированной смеси разнородных бинарных карбидов WC, TiC, TaC и Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> при температуре спекания 1900 °C (рис.1).

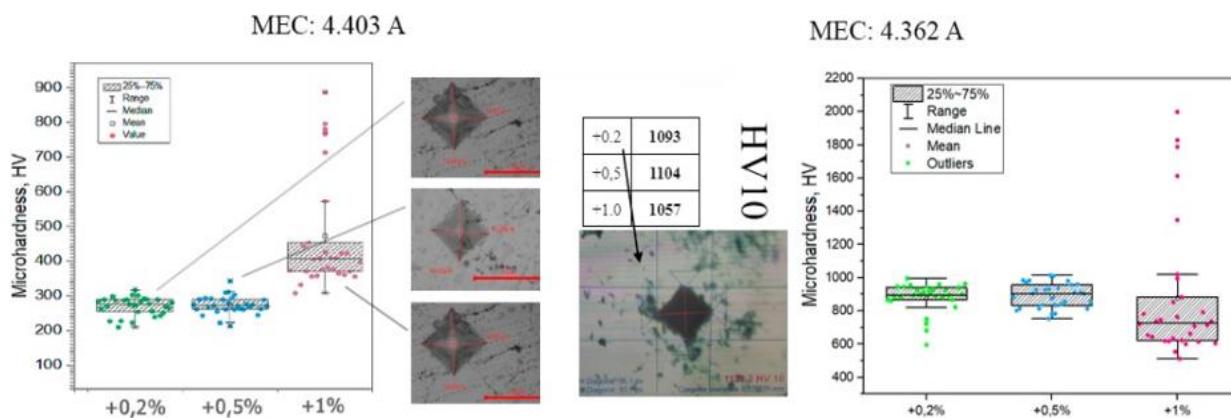


Рисунок 1 – Дисперсия значений твердости для полученных металлических композитов после спекания и закалки.

Одним из многообещающих направлений является концепция инжиниринга высокоэнтропийных материалов, позволяющая получать вещества со сложным химическим составом и уникальным комплексом свойств. Дальнейшее исследование фундаментальных основ этого подхода и разработка методов направленного дизайна таких материалов открывает новые перспективы в решении задач современного материаловедения.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, № FZNS-2024-0014.*

Мармаза П.А.<sup>1</sup>, Иванов Н.П.<sup>2</sup>, Растворгусев В.Л.<sup>1</sup>, Сероштан А.И.<sup>2</sup>

## ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО СИНТЕЗА ДВУХКАТИОННОЙ ФОРМЫ ТИТАНОСИЛИКАТА СТРУКТУРНОГО ТИПА GTS ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО УДАЛЕНИЯ $^{137}\text{Cs}$ ИЗ ЖРО

<sup>1</sup>Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ

<sup>2</sup>Департамент ядерных технологий ИТПМ ДВФУ

Научный руководитель – к.х.н., научный сотрудник Шичалин О. О.<sup>2</sup>

Жидкие радиоактивные отходы (ЖРО) представляют высокую экологическую опасность ввиду того, что они образуются в крайне больших объёмах, обладают высокой суммарной радиоактивностью. Загрязнение радиоактивным  $^{137}\text{Cs}$ , содержащимся в ЖРО, является серьезной экологической проблемой, которая может иметь долгосрочные последствия для здоровья человека и окружающей среды.

Для эффективной очистки ЖРО широко применяются кристаллические титаносиликаты – природные или синтетические кристаллические каркасные материалы, компонентами структуры которых являются титан-кислородные октаэдры и кремний-кислородные тетраэдры, находят все более широкое применение в прикладной радиохимии для удаления радионуклидов цезия из многокомпонентных солевых растворов. Главным преимуществом титаносиликатов является высокая селективность к Cs(I) в присутствии мешающих катионов.

В данной работе путем направленного гидротермального синтеза были получены синтетические титаносиликаты, относящиеся к структурному типу Grace titanosilicates (GTS) в дизамещенной натриево-калиевой форме (DTS). Производилось варьирование условий получения: длительность гидротермального синтеза от 24 часов до 7 дней при постоянной температуре 180 °C. Кроме этого в условиях атмосферного синтеза при температуре 25 °C в течение 4 дней был получен рентгенаморфный прекурсор титаносиликата (таблица 1).

Таблица 1

Образцы синтезированных титаносиликатов структурного типа GTS

Образец	Условия получения
GTS-1	24 часа гидротермально при 180 °C
GTS-2	4 дня гидротермально при 180 °C
GTS-3	7 дней гидротермально при 180 °C
GTS-4	4 дня в атмосферных условиях при 25 °C

Фазовый состав образцов был исследован методом рентгенофазового анализа, морфология поверхности была изучена методом растровой электронной микроскопии на приборе Carl Zeiss Ultra 55 (Германия). Изучение закономерностей распределения элементов по поверхности образцов было произведено методом энергодисперсионной спектроскопии (ЭДС) с помощью приставки “Bruker” (Германия). Низкотемпературной адсорбцией жидкого азота при 77° K, методом БЭТ, были установлены и рассчитаны значения удельной поверхности и размера пор материалов. С помощью метода функционала плотности (DFT) показано распределение пор по размерам исследованных материалов.

Сорбционно-селективные характеристики сорбентов по отношению к радионуклиду  $^{137}\text{Cs}$ , находящемуся в микроконцентрации, были изучены в статических условиях в модельных растворах ЖРО. Для моделирования ЖРО со средним и низким солесодержанием были приготовлены 0.1 M и 1 M растворы нитрата натрия ( $\text{NaNO}_3$ ). Полученные растворы имели значение водородного показателя  $\text{pH} =$

6.0. В модельные растворы была добавлена метка  $^{137}\text{Cs}$  (объемная гамма-активность  $\sim 10^5$  Бк/дм $^3$ ), после чего растворы были выдержаны в течение 5 дней для достижения гидролитического равновесия.

На рисунке 2 представлены РЭМ-изображения поверхности образцов и ЭДС-карты распределения основных структурных элементов, а также их массовое содержание (масс.-%).

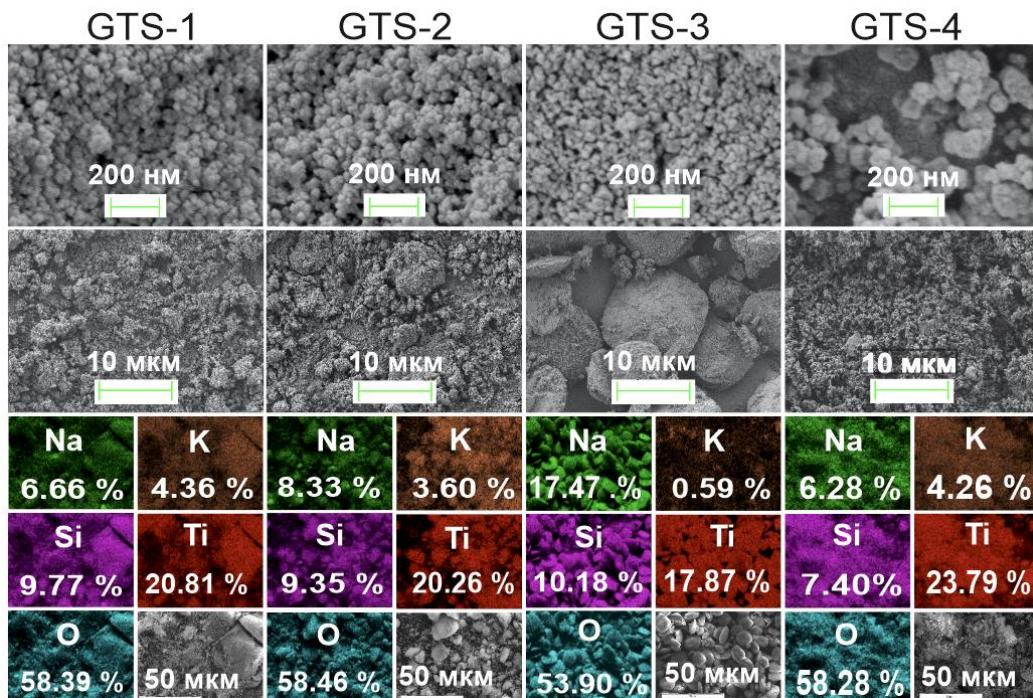


Рисунок 2 – РЭМ-изображения поверхности образцов и ЭДС-карты элементного распределения

Из рисунка 2 видно, что полученные материалы представлены агломератами сферических частиц, обладающими размером в диапазоне 5-10 мкм для GTS-3, 1-2 мкм и значительно меньше 1 мкм для остальных образцов. Также с увеличением длительности гидротермального синтеза происходит увеличение размеров вторичных агломератов. Помимо этого, происходит уменьшение массового содержания калия и увеличение массового содержания натрия. В связи с этим в образце GTS-3 калий находится в следовых количествах, что также подтверждается изменением фазового состава.

Коэффициенты распределения в модельных растворах ЖРО низкой (0.1 М  $\text{NaNO}_3$ ) степени солености составили: GTS-1 –  $5.83 \times 10^4$  мл/г; GTS-2 –  $1.83 \times 10^5$  мл/г; GTS-3 –  $5.34 \times 10^5$  мл/г; GTS-4 –  $2.34 \times 10^3$  мл/г. В модельных растворах средней степени солености (1 М  $\text{NaNO}_3$ ): GTS-2 –  $1.25 \times 10^5$  мл/г; GTS-3 –  $2.01 \times 10^5$  мл/г; GTS-4 –  $3.51 \times 10^2$  мл/г. Полученные образцы демонстрируют высокие сорбционно-селективные свойства по отношению к  $^{137}\text{Cs}$ , так как значения  $K_d(^{137}\text{Cs})$  превышают  $10^5$  мл/г. Также можно проследить, что значения коэффициентов распределения увеличиваются с ростом времени гидротермального синтеза.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что синтезированные образцы могут быть использованы в качестве эффективных сорбентов для извлечения  $\text{Cs}^+$  из жидких сред.

#### Список литературы

1. Facile one-pot synthesis of dual-cation incorporated titanosilicate and its deposition to membrane surfaces for simultaneous removal of  $\text{Cs}^+$  and  $\text{Sr}^{2+}$  / Y. K. Kim, S. Kim, Y. Kim [et al.] – DOI 10.1016/j.apsusc.2019.07.008 // Appl Surf Sci. Elsevier. – 2019. – V 493. – P. 165–176.

Силиванов Е.В.<sup>1</sup>, Лембиков А.О.<sup>2</sup>, Золотников С.К.<sup>1</sup>, Гниляк Е.А.<sup>2</sup>, Драньков А. Н.<sup>1</sup>

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНТРОПИЙНЫХ КЕРАМИК НА ОСНОВЕ WC, TiC, TaC, HfC, ZrC, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ

<sup>1</sup> Департамент ядерных технологий ИТПМ ДВФУ

<sup>2</sup> Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ

Научный руководитель – к.х.н., доцент Драньков А. Н.<sup>1</sup>

Последние два десятилетия высокоэнтропийные сплавы (ВЭС) и керамики (ВЭК) являются объектами активного исследования учеными ввиду своих уникальных физико-механических свойств. Особенность ВЭС и ВЭК заключает в том, что они содержат пять и более компонентов (элементов или соединений), смешанных в эквиатомной или почти эквиатомной соотношении. Многокомпонентность описываемых сплавов и керамик выступает главным фактором в парадигме разработки новых материалов. Поэтому целью данной работы заключается в установлении последовательности фазовых превращений в эквимолярных смесях карбидов металлов WC, TiC, TaC, HfC и ZrC при повышении температуры (рис.1).

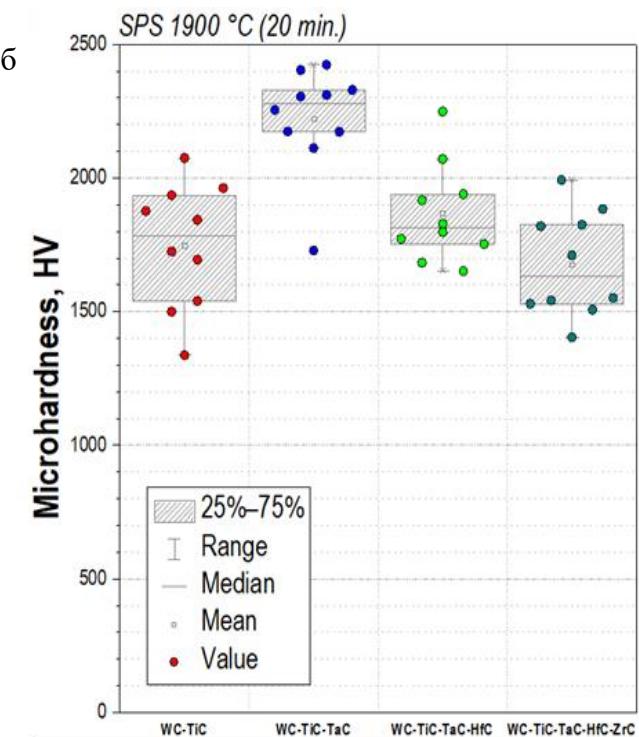
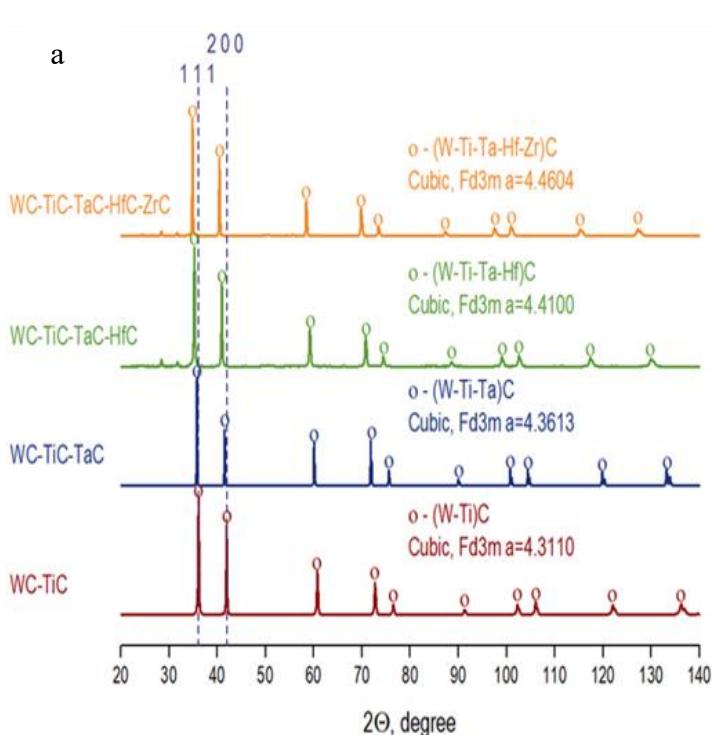


Рисунок 1 – (а) дифрактограммы полученных керамик и (б) дисперсия значений твердостей.

В результате данного исследования были получены средне и высокоэнтропийная керамика составов WC-TiC, WC-TiC-TaC, WC-TiC-TaC-HfC, WC-TiC-TaC-HfC-ZrC. Работа демонстрирует состоятельность использования методов механической активации и электроимпульсного плазменного спекания для получения материалов с высокими характеристиками твердости и прочности, а также принципиальность возможности синтеза однофазных керамик.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № FZNS-2024-0014.*

Бугаец М. А., Марьясова А. Я.

# ПОЛИМЕРНЫЕ ЛЮМИНИСЦЕНТНЫЕ КОМПОЗИЦИИ, ДОПИРОВАННЫЕ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫМИ $\beta$ -ДИКЕТОНАТАМИ ДИФТОРИДА БОРА: ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ СЕНСОРА ДЛЯ РАННЕЙ НЕИВАЗИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ

ДВФУ, Политехнический институт (Школа),

Департамент нефтегазовых технологий и нефтехимии

Научный руководитель – к.х.н, доцент ДНТиНХ Л.А. Лим

Анализ выдыхаемого воздуха является перспективным методом неинвазивной медицинской диагностики. Исследование дыхания исторически восходит к китайской и греческой литературе, в которой отмечается, что аромат дыхания – ключ к разгадке здоровья человека [1].

К настоящему времени анализ дыхания позволяет обнаружить более 1000 эндогенных летучих органических соединений (ЛОС) в выдыхаемом воздухе, которые образуют 17 классов соединений (спирты, кетоны, азотсодержащие соединения, жирные кислоты и др.). Выдыхаемый воздух несет в себе отпечатки метаболических и биофизических процессов, происходящих в организме человека, при этом вещества в нем находящиеся, могут рассматриваться как биомаркеры различных заболеваний [2].

В логике персонализированной медицины требуются устройства для ранней диагностики заболеваний – дешевые, доступные, пригодные к использованию необученным пользователем. Перспективными являются неинвазивные, портативные устройства, такие как датчики дыхания, аналитическим сигналом в которых будут являться легко детектируемые параметры. Основными преимуществами таких устройств являются скорость анализа, низкие пределы обнаружения, портативность, часто простые способы изготовления, низкая стоимость и простота использования.

Существуют вещества с доказанной сенсорной активностью на аммиак и органические амины – о-гидроксибензоилметанат дифторида бора (краситель 1) и 2,2-дифтор-4-(р-гидрокси, 2-метоксистирил)-6-фенил-1,3,2-диоксаборин (краситель 2), представленные на рисунке 1 [3, 4].

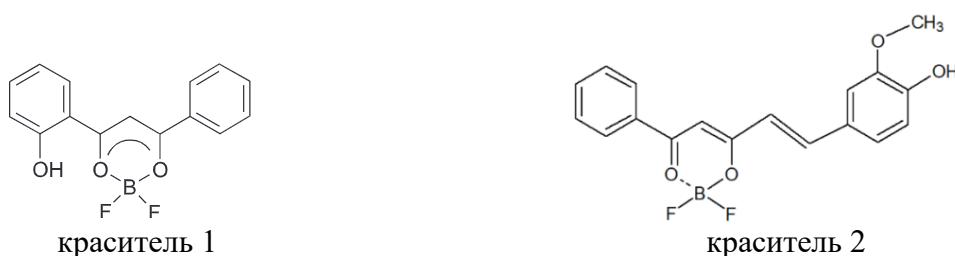


Рисунок 1 – Структурные формулы люминесцентных красителей

Оба соединения имеют в структуре гидроксильные группы, которые проявляют высокую активность при взаимодействии с акцепторами протонов; длинная цепь сопряжения обеспечивает яркую окраску полученных аддуктов.

В данной работе приведены результаты исследования хемосенсорных свойств полимерной люминесцентной композиции (ПЛК) на основе микроволокон из поликарбоната, допированных люминесцентным красителем 2 (0,5 масс. %).

Получение микроволокон осуществлялось на лабораторной установке бессоплового центробежного прядения, образцы выдерживались на воздухе в течение 28 дней для полного удаления растворителя из структуры волокна, в результате был получен полимерный волокнистый материал.

Образцы полимерной люминесцентной композиции (ПЛК) тестировали на чувствительность к ряду анализаторов следующим образом: микроволокна помещали в центр герметичного сосуда с точным количеством газообразного аммиака, метиламина и диметиламина. Через определенный промежуток

времени визуально регистрировали изменение цвета волокнистого материала с желтого на ярко-оранжевый. Зависимость времени отклика от концентрации анализаторов приведена на рисунке 2.

Сигналита, ppm

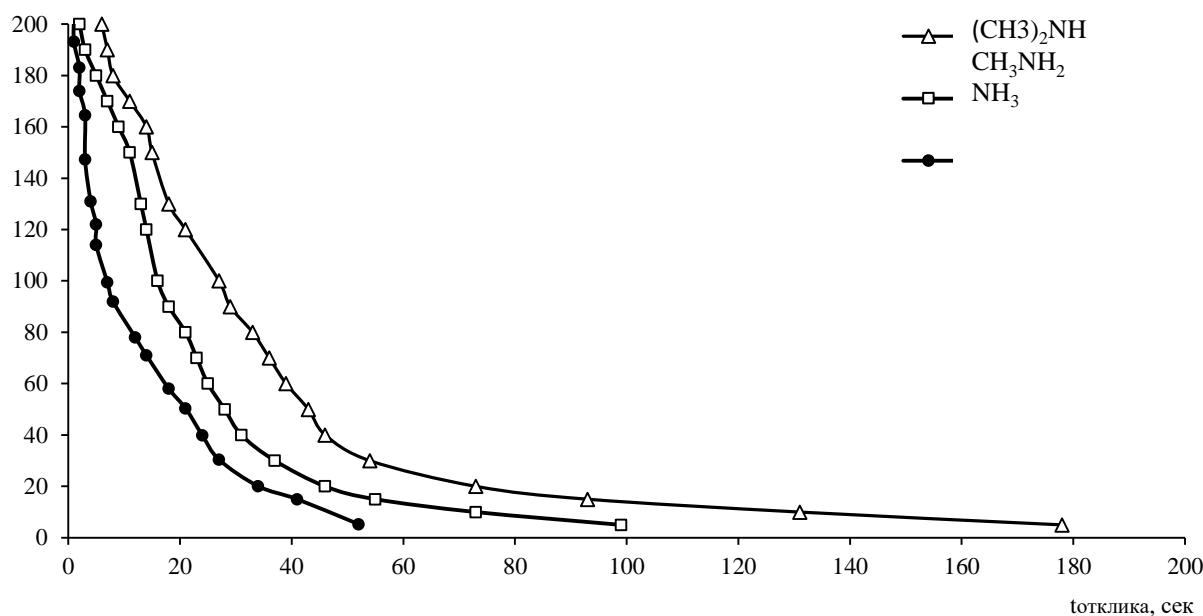


Рисунок 2 – Зависимость времени отклика от концентрации анализаторов

Установлены зависимости времени отклика (визуально отмечаемых изменений в цвете материала) от концентрации аммиака, монометиламина и диметиламина при концентрации красителя в ПЛК 0,5 масс. %. Проявление сенсорной активности на аммиак характеризуется меньшим временем отклика в сравнении с другими анализаторами, что, вероятно, обусловлено стерическим фактором и большей подвижностью молекулы аммиака. Доказано, что исследуемая люминесцентная композиция детектирует низкие концентрации аммиака и органических аминов в пределах 5-20 ppm с приемлемым временем отклика.

Таким образом, полученная полимерная люминесцентная композиция может рассматриваться в качестве основы для химического сенсора для обнаружения аммиака и органических аминов в выдыхаемом воздухе.

#### Список литературы

1. Hu, B. Mass spectrometric analysis of exhaled breath: Recent advances and future perspectives / B. Hu. DOI 10.1016/j.trac.2023.117320 // TrAC Trends in Analytical Chemistry. – 2023. – Vol. 168. – P. 116823.
2. Essiet, I.O. Diagnosis of kidney failure by analysis of the concentration of ammonia in exhaled human breath / I.O. Essiet // Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences. – 2013. – Vol. 4, N 6. – P. 859-862.
3. Fedorenko, E. V. o-Hydroxydibenzoylmethanate of boron di fluoride : A complex with multi-stimuli-responsive emission effects / E. V. Fedorenko, A. G. Mirochnik, A. V. Gerasimenko. – DOI 10.1016/j.saa.2019.117367 // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. – 2019. – Vol. 223. – P. 1 10.
4. Collot, M. Recent advances in dioxaborine-based fluorescent materials for bioimaging applications/ M. Collot. – DOI 10.1039/DOMH01186J // Materials Horizons. – 2021. – Vol. 8, N. 2. – P. 501-514.

Гурин М.С.<sup>1</sup>, Иванов Н.П.<sup>1</sup>, Золотников С.К.<sup>1</sup>, Сероштан А.И.<sup>1</sup>, Шичалин О.О.<sup>2</sup>

## ИСКРОВОЕ ПЛАЗМЕННОЕ СПКАНИЕ MAX-ФАЗЫ Ti<sub>3</sub>AlC<sub>2</sub> ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

<sup>1</sup>Институт наукоемких технологий и передовых материалов ДВФУ

<sup>2</sup> Сахалинский Государственный университет, Южно-Сахалинск, Россия

Научный руководитель - к.х.н., научный сотрудник О.О. Шичалин

В последнее десятилетие возрастает интерес к новому семейству 2D материалов, содержащих карбиды, нитриды и карбонитриды переходных металлов (MX-ены). Представители этого семейства было успешно получены путем селективного травления металла «А» из соответствующих MAX-фаз. Общая формула данных соединений M<sub>n+1</sub>AX<sub>n</sub>, где M – переходный металл, A – элемент A-группы, X – C и/или N, а n = 1, 2 или 3. На сегодняшний день синтезировано более тридцати видов MX-енов, включая Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub>, Ti<sub>2</sub>CT<sub>x</sub>, Ta<sub>4</sub>C<sub>3</sub>T<sub>x</sub>, V<sub>2</sub>CT<sub>x</sub>, Nb<sub>2</sub>CT<sub>x</sub> и так далее, где T<sub>x</sub> обозначает концевые функциональные группы различного характера. Благодаря своей уникальной слоистой структуре MX-ены находят применение в области каталитического преобразования энергии, в качестве электродных материалов и суперкапасаторов. В то же время, по причине нового характера этого класса функциональных наноматериалов не были изучены эффективные методы синтеза MX-енов и MAX-фаз из доступных видов исходного сырья. Также, научный интерес представляет применение технологии искрового плазменного спекания (ИПС) для получения функциональных керамических материалов на основе MX-енов и MAX-фаз.

В связи с этим, целью данного исследования является получение функциональных керамических материалов на основе химически чистой (>85 %) MAX-фазы Ti<sub>2</sub>AlC из прекурсоров Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub>, Ti, TiC с помощью технологии ИПС, что впервые предложено мировому научному сообществу.

Для подготовки смеси порошкообразных прекурсоров MAX-фазы были использованы методы сухого и мокрого (в среде ацетона) механохимического синтеза с использованием высокоэнергетической планетарной мельницы, что позволило достичь полной гомогенизации шихты. Искровое плазменное спекание гомогенизированной смеси прекурсоров производили на установке SPS-515S фирмы «Dr.Sinter-LABTM» (Япония) при температурах 1200, 1300, 1400 °C. Фазовый состав консолидированных материалов был изучен методом рентгенофазового анализа (РФА) на приборе Bruker D8 Advance, (Германия). Элементный состав образов был изучен с помощью Shimadzu EDX-7000 спектрометра (Япония). Морфология керамических материалов была исследована с помощью сканирующего электронного микроскопа ULTRA 55+ ZEISS (Германия). Микротвердость образцов была измерена с помощью тестера Shimadzu HMV-G-FA-D (Япония). Электрохимические характеристики керамических материалов были исследованы методом цикловольтамперометрии (ЦВА) с помощью электрохимической рабочей станции Autolab PGSTAT302 N Potentiostat/Galvanostat EcoChemie (Нидерланды).

На Рисунке 1 приведены дифрактограммы полученных образцов функциональных керамических материалов. Как видно из приведенных дифрактограмм, фазовый состав образцов представлен Ti<sub>3</sub>AlC<sub>2</sub>, Ti<sub>2</sub>AlC и TiC, что указывает на формирование целевой MAX-фазы Ti<sub>3</sub>AlC<sub>2</sub> в условиях искрового плазменного спекания.

На Рисунке 2 приведены СЭМ-изображения поверхности консолидированных материалов, а также распределения элементного состава на срезе керамики. Равномерное распределение основных структурных элементов Ti, Al и C по поверхности керамического компаунда указывает на однородность

фазового состава. При увеличении температуры спекания наблюдается уменьшение числа дефектов, вызванное окончательной консолидацией материала.

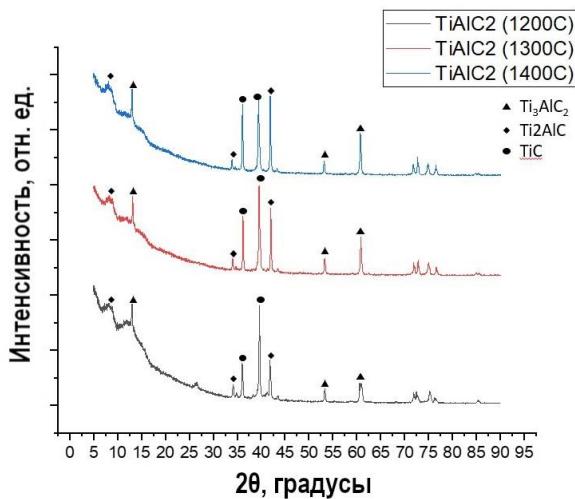


Рисунок 1 – Дифрактограммы керамических функциональных материалов на основе Ti<sub>3</sub>AlC<sub>2</sub>

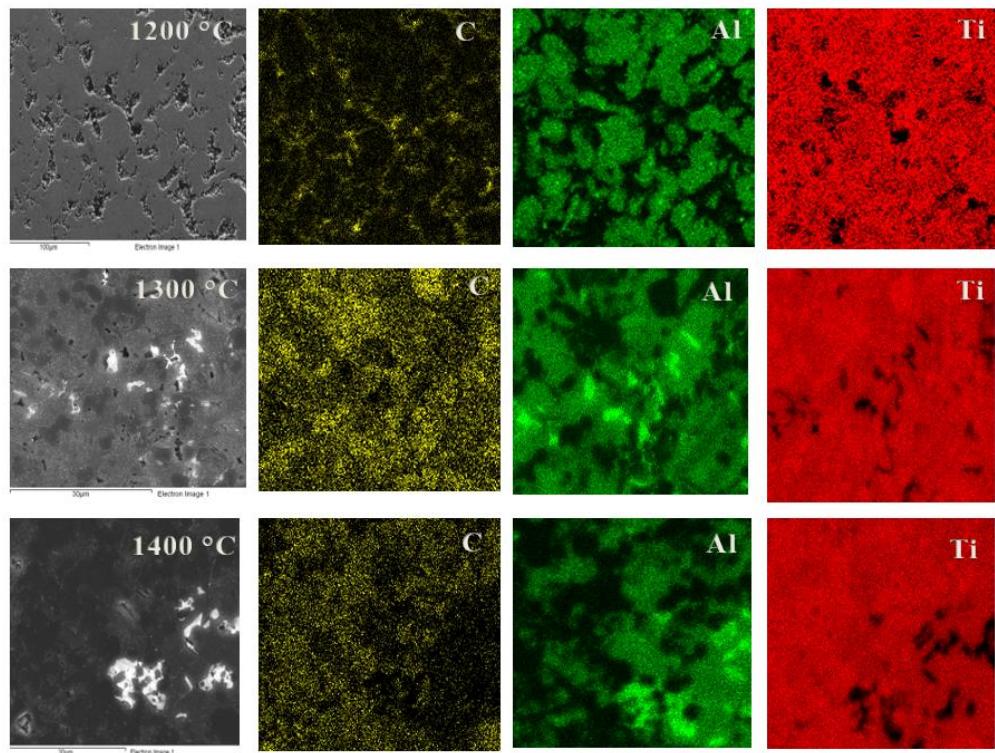


Рисунок 2 – СЭМ-изображения внутренней поверхности керамических функциональных материалов на основе Ti<sub>3</sub>AlC<sub>2</sub>

Согласно полученным данным о фазовом и элементном составе консолидированных керамических материалах, в условиях ИПС был успешно осуществлен синтез MAX-фазы Ti<sub>3</sub>AlC<sub>2</sub>. Полученные в ходе электрохимических исследований данные указывают на высокий потенциал для применения синтезированных MAX-фаз в качестве электродных материалов для реакции выделения водорода.

Электрохимические свойства образцов изучены при поддержке Государственного Задания Сахалинского государственного университета № FEFF-2024-0001.

Писарев С.М.<sup>1</sup>, Зернов Я.Г.<sup>1</sup>, Грук В. А.<sup>1</sup>, Григорьева А. Е.<sup>1</sup>, Сахневич В.Н.<sup>2</sup>

## УПРОЧНЕНИЕ ТИТАНОВОГО КОМПОЗИТА ПРИ ПОМОЩЬЮ СРЕДНЕЭНТРОПИЙНОЙ КЕРАМИКИ (W, Ti, Ta)C, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ

<sup>1</sup>Департамент ядерных технологий ИТПМ ДВФУ

<sup>2</sup>НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Научный руководитель – к.х.н., доцент Драньков А.Н.<sup>1</sup>

Материаловедение сталкивается с новыми проблемами, которые требуют развивать технологический уровень человечества. Ключевой задачей материаловедения считается разработка методов для улучшения свойств функциональных материалов и их регулирование. В последнее время энтропийные материалы представляют особый интерес ввиду своих исключительных свойств, таких как твердость, прочность и коррозионная стойкость. Совершенно новым подходом является концепция упрочнения материалов добавлением в них энтропийных систем, в частности энтропийных керамик. В данной работе представлены синтез и результаты исследования функциональных характеристик композитного материала на основе Ti, дисперсионно упрочненной среднеэнтропийной керамикой (СЭК) состава (W, Ti, Ta,)C.

Полученные материалы с различным соотношением Ti/СЭК: 0.2, 0.5 и 1.0 at%. СЭК получены методом искрового плазменного спекания (ИПС) при 1900°C. Исходные смеси композитов подготовлены в планетарной мельнице и после спечены ИПС при 1000°C. Свойства композитов были охарактеризованы испытаниями на микротвердость, твердость, коррозию и показывают перспективу реализуемого подхода в упрочнении материалов. Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что материал с добавлением 0,5 at% СЭК обладает наилучшими характеристиками.

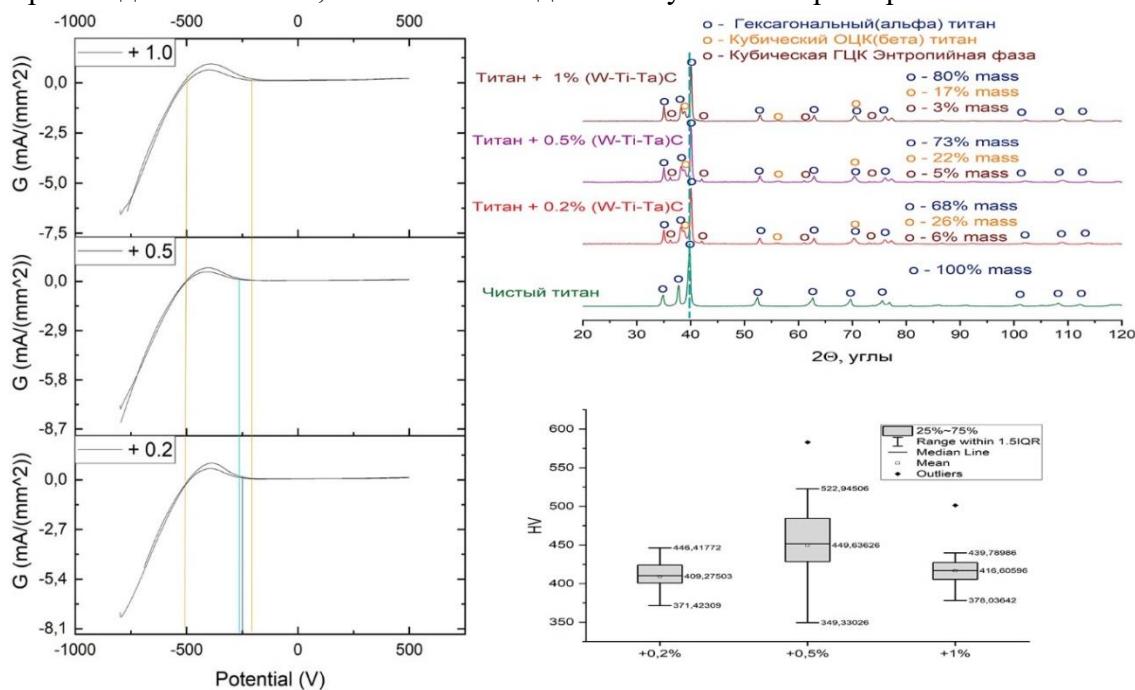


Рисунок 1 – РФА и результаты испытаний представленных материалов

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № FZNS-2024-0014.

Иванов Н.П.<sup>1</sup>, Сероштан А.И.<sup>1</sup>, Мармаза П.А.<sup>1</sup>, Гниляк Е.А.<sup>1</sup>, Шичалин О.О.<sup>2</sup>

## РЕАКЦИОННОЕ ИСКРОВОЕ ПЛАЗМЕННОЕ СПЕКАНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОДОВ Mo<sub>2</sub>C/Mo<sub>3</sub>Co<sub>3</sub>C ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

<sup>1</sup>Институт наукоемких технологий и передовых материалов ДВФУ

<sup>2</sup> Сахалинский Государственный университет, Южно-Сахалинск, Россия

Научный руководитель - к.х.н., научный сотрудник Шичалин О.О.

Керамические композиты на основе карбида молибдена Mo<sub>2</sub>C находят применение в качестве электродных материалов, используемых в реакциях выделения водорода ввиду уникального набора физических и химических свойств: высокая механическая прочность, термическая и химическая устойчивость. При этом консолидированные керамические композиты на основе Mo<sub>2</sub>C сохраняют каталитическую активность и селективность в электрохимических реакциях несмотря на низкую удельную поверхность. Главной причиной таких выдающихся свойств карбидов молибдена является сходство их электронной структуры с электронной структурой благородных металлов IX и X групп. При этом гетерогенные композитные материалы (Mo<sub>2</sub>C/Mo<sub>3</sub>Co<sub>3</sub>C) благодаря изменению электронной структуры вследствие внедрения атомов кобальтов в кристаллическую решетку обладают более высокой активностью в реакциях выделения водорода.

В данной работе предложено использование искрового плазменного спекания (ИПС) для получения гетерогенных электродных материалов Mo<sub>2</sub>C/Mo<sub>3</sub>Co<sub>3</sub>C, находящих применение в реакции выделения водорода. Для получения реакционной смеси взятые в стехиометрических количествах порошкообразные прекурсоры Mo<sub>2</sub>C и Со были гомогенизированы в высокоэнергетической планетарной мельнице в среде ацетона. Затем реакционная смесь была консолидирована методом ИПС на установке SPS-515S фирмы «Dr.Sinter-LABTM» (Япония) при температурах 1000-1200 °C. Фазовый состав консолидированных материалов был изучен методом рентгенофазового анализа (РФА) на приборе Bruker D8 Advance, (Германия). Элементный состав образов был изучен с помощью Shimadzu EDX-7000 спектрометра (Япония). Морфология керамических материалов была исследована с помощью сканирующего электронного микроскопа ULTRA 55+ ZEISS (Германия). Микротвердость образцов была измерена с помощью тестера Shimadzu HMV-G-FA-D (Япония). Электрохимические характеристики керамических материалов были исследованы методом цикловольтамперометрии (ЦВА) с помощью электрохимической рабочей станции Autolab PGSTAT302 N Potentiostat/Galvanostat EcoChemie (Нидерланды).

На Рисунке 1 приведены дифрактограммы полученных образцов функциональных керамических материалов. Как видно из приведенных дифрактограмм, фазовый состав спеченных образцов представлен целевыми фазами Mo<sub>2</sub>C, Mo<sub>3</sub>Co<sub>3</sub>C, а фазы прекурсора – металлического Со – полностью исчезают из дифракционной картины.

Результаты растровой электронной микроскопии (РЭМ), исследования микротвердости, а также данные по кинетике консолидации керамических материалов методом ИПС указывают на то, что оптимальной температурой спекания является 1200 °C, так как при этой температуре достигается гомогенная бездефектная морфология поверхности, прекращается дальнейшая усадка образца в процессе консолидации, а также достигаются наибольшие значения микротвердости 1500 HV.

На Рисунке 2 приведены электрохимические характеристики материалов, полученных при оптимальной температуре в 1200 °C: (а) кривые цикловольтамперометрии (ЦВА) при различных значениях скорости развертки, (б) значения емкости двойного слоя полученных материалов, (в) кривые поляризации материалов в 1 моль/л растворе KOH.

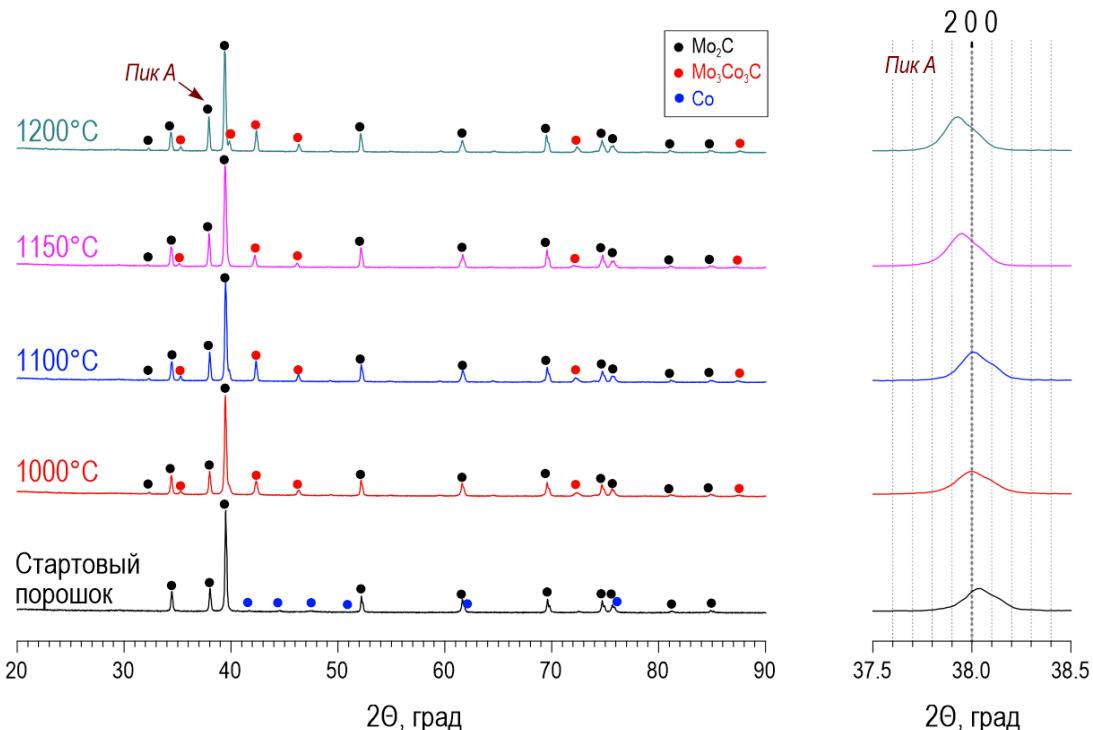


Рисунок 1 – Дифрактограммы керамических функциональных материалов Mo<sub>2</sub>C/Mo<sub>3</sub>Co<sub>3</sub>C

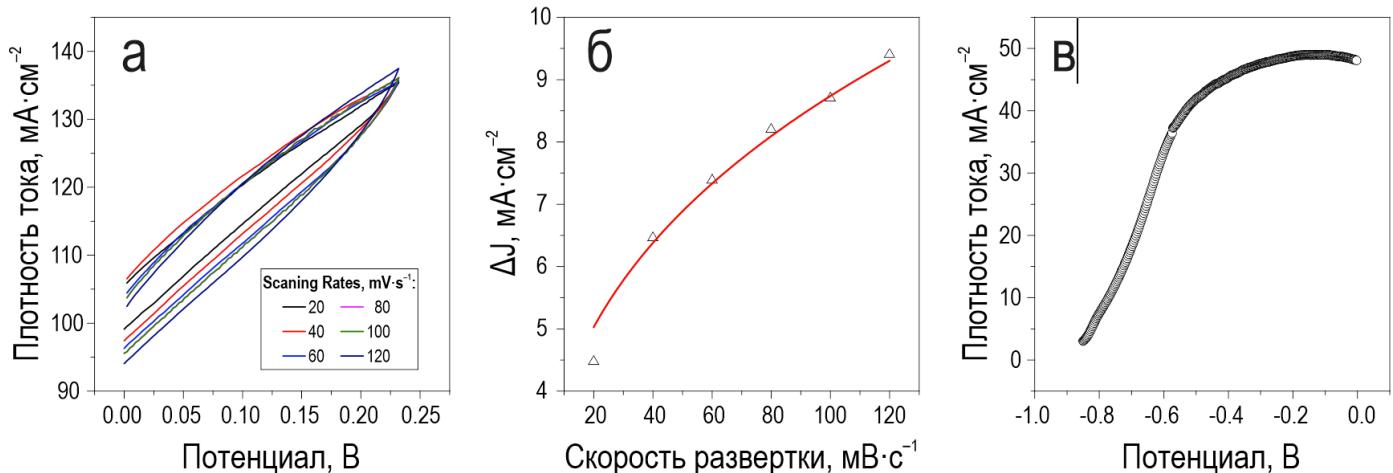


Рисунок 2 – Электрохимические характеристики материалов, полученных при оптимальной температуре в 1200 °C

Полученные результаты электрохимических измерений демонстрируют высокую активность консолидированных керамических материалов в щелочной среде, что указывает на большой потенциал применения керамики Mo<sub>2</sub>C/Mo<sub>3</sub>Co<sub>3</sub>C в качестве материала для изготовления и/или модификации активных компонентов гетероструктурированных электродов, используемых для выделения водорода. Таким образом, наше исследование демонстрирует возможность получения экономичного электрокатализического материала для реакции выделения водорода с высокой активностью и стабильностью и предлагает уникальную методологию разработки композиционных материалов на основе Mo<sub>2</sub>C для широкого спектра применений.

*Электрохимические свойства образцов изучены при поддержке Государственного Задания Сахалинского государственного университета № FEFF-2024-0001.*

Левенец К.Р.<sup>1</sup>, Васильева М.С.<sup>1,2</sup>

## ПЛАЗМЕННО-ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ TiO<sub>2</sub>-BaO ПЛЕНОЧНЫХ КОМПОЗИТОВ

<sup>1</sup>Департамент ядерных технологий ИТПМ ДВФУ

<sup>2</sup> Институт химии ДВО РАН

<sup>1</sup>Научный руководитель - д.х.н., доцент Васильева М.С.

Материалы на основе смешанных оксидов TiO<sub>2</sub>-BaO привлекают внимание исследователей благодаря их фотокаталитическим, сегнетоэлектрическим, диэлектрическим и другим функциональным свойствам [1]. Одним из методов, позволяющих быстро и технологично формировать на металлах однородные оксидные покрытия с оптимальным составом и свойствами, является плазменное электролитическое окисление (ПЭО) – создание оксидных слоев на металлах под действием искровых и дуговых разрядов на границе раздела металл/электролит [2]. Электрохимические методы характеризуются простотой реализации, невысокой стоимостью аппаратной конструкции и возможностью управления составом и свойствами получаемых покрытий путем изменения режимов электролиза и составов электролитов.

Целью настоящей работы являлось одностадийное формирование методом ПЭО TiO<sub>2</sub>-BaO оксидных слоев на титане и исследование их состава, фотокаталитических и фотоэлектрохимических свойств.

Оксидные слои на титане формировали в двух типах электролитов на основе 0.1 M Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>. В электролит I типа добавляли 0.05 M Ba(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> (образцы Ti/Ba-I), в электролит II типа - 0.05 M Ba(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> и 0.05 M ЭДТА (образцы Ti/Ba-II). Электролит I типа представлял собой суспензию белого цвета, электролит II типа – прозрачный бесцветный раствор. В обоих случаях ПЭО-обработку проводили в гальваниостатическом режиме при плотности тока 0.2 A/cm<sup>2</sup> в течение 10 мин. Фотокаталитические свойства сформированных композитов исследовали в реакции деградации водного раствора индигокармина при облучении УФ и видимым светом. Для исследования электро- и фотоэлектрохимических свойств образцов применяли потенциостат-гальваниостат «Autolab» PGSTAT302N (Великобритания). Скорость развертки потенциала при снятии циклических вольтамперограмм составляла 100 мВ/с. В качестве рабочих электродов использовали ПЭО-образцы S = 4 cm<sup>2</sup>, противоэлектродом служила платиновая проволока, электрод сравнения – хлоридсеребряный электрод. В качестве источника облучения использовали УФ-лампу «Labino Duo UV S135 Midlight» ( $\lambda = 365$  нм). В качестве электролита использовали 0.1 M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Согласно данным рентгенофазового анализа, образцы, сформированные в электролитах обоих типов, содержат диоксид титана в модификациях анатаз и рутил. Степень деградации индигокармина в присутствии всех образцов составляла ~7 и ~3 % в УФ и видимой области спектра, соответственно. Фотоэлектрохимические исследования показали, что небольшие фототоки генерирует только образец Ti/Ba-I образец (рис. 1).

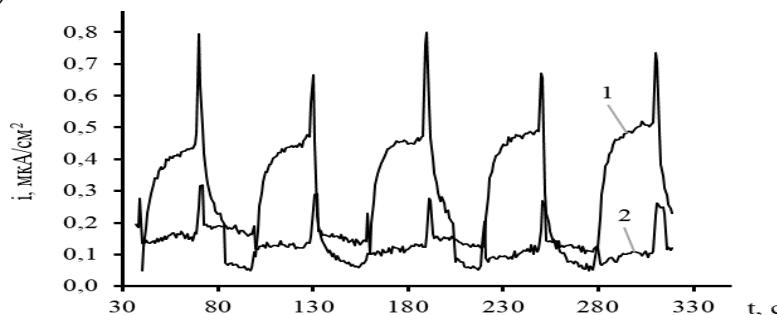


Рисунок 1 – Профили фототоков, генерируемых образцами: 1 - Ti/Ba-I; 2 - Ti/Ba-II

Из рисунка 2 видно, что на ЦВА обоих образцов отсутствуют анодные пики. В катодной области наблюдается пик десорбции водорода при -0,8 В для Ti/Ba-II образца, и при -1,0 В для Ti/Ba-I образца.

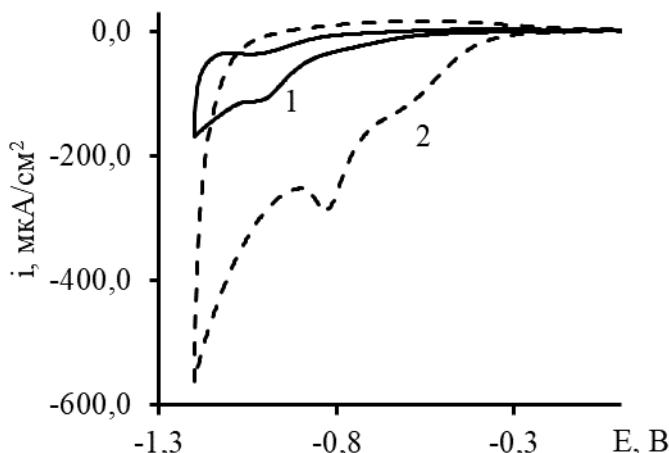


Рисунок 2 – Циклические вольтамперограммы образцов в 0.1 M  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  для образцов: 1 - Ti/Ba-I; 2 - Ti/Ba-II

Таким образом, установлено, что электро- и фотоэлектрохимические свойства образцов зависят от состава электролита для ПЭО.

#### *Список литературы*

1. Application of  $\text{BaTiO}_3$ -based catalysts for piezocatalytic, photocatalytic and piezophotocatalytic degradation of organic pollutants and bacterial disinfection in wastewater: A comprehensive review / D. Masekela, N.C. Hintsho-Mbita, S. Sam [et al]. – DOI 10.1016/j.arabjc.2022.104473 // Arabian Journal of Chemistry. – 2023. – V. 16. – Article Number 104473.
2. Plasma electrolysis for surface engineering // A. Yerokhin, X. Nie, A. Leyland [et al]. – DOI 10.1016/S0257-8972(99)00441-7 // Surface and Coatings Technology – 1999. – V. 122. – P. 73-93.

---

Расторгуев В.Л.<sup>1</sup>, Иванов Н.П.<sup>1</sup>, Мармаза П.А.<sup>1</sup>, Ярусова С.Б.<sup>2</sup>

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТРИЦ, ПОЛУЧЕННЫХ ПУТЁМ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ СИЛИКАТА КАЛЬЦИЯ, СИНТЕЗИРОВАННОГО ИЗ ОТХОДОВ БОРНОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ Со-60**

<sup>1</sup>Институт наукоемких технологий и передовых материалов, ДВФУ

<sup>2</sup>Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук

<sup>1</sup>Научный руководитель – к.х.н., научный сотрудник Шичалин О.О.

Радиоактивный изотоп  $^{60}\text{Co}$  в качестве побочного продукта в ядерных реакторах в ходе нейтронной активации металлических конструкций реактора. Наличие этого изотопа в жидких радиоактивных отходах затрудняет их безопасное длительное захоронение, также стабильные изотопы кобальта сами по себе являются крайне токсичными, потому так активно ведутся поиски и разработка материалов, способных удалить этот тяжёлый металл из жидких сред.

На данный момент один из самых лучших способов утилизации радиоактивных отходов – иммобилизация радионуклидов с помощью керамических матриц. Согласно ГОСТ Р 50926-96 [2] матричные композиции должны обладать высокой химической и радиационной устойчивостью, а также механической прочностью. Настоящая работа предлагает использовать керамические матрицы, полученные путём искрового плазменного спекания силиката кальция, полученного из борогипса – отхода производства борной кислоты.

Сорбционная ёмкость синтезированного  $\text{CaSiO}_3$  по отношению к ионам кобальта (II) ( $\text{Q}(\text{Co}^{2+})$ ) составляет порядка 3 ммоль/г. Керамические матрицы, полученные в данной работе из силиката кальция с помощью ИПС, показали высокую гидролитическую устойчивость.

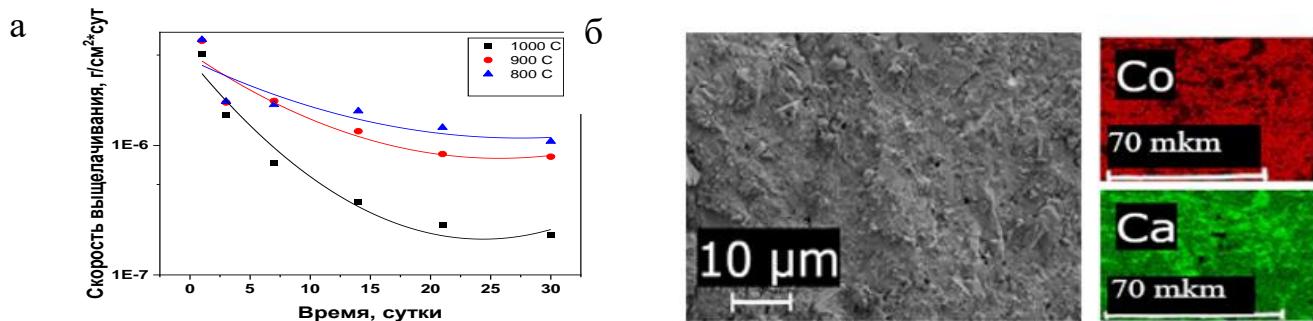


Рисунок 1 – (а) Скорость выщелачивания  $\text{Co}^{2+}$  из керамических матриц на основе  $\text{CaSiO}_3$ , полученного из отходов гидротермальным методом,  
(б) РЭМ-ЭДС изображения Со-насыщенного и консолидированного при  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$   $\text{CaCoSi}_2\text{O}_6$

Искровое плазменное спекание при  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$  является оптимальным, так как при данной температуре достигаются самые лучшие гидролитическая устойчивость (рис. 1а) и гомогенность морфологии поверхности (рис. 1б).

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № FZNS-2023-0003.

#### Список литературы

1. Rice Husk-Based Adsorbents for Removal of Metals from Aqueous Solutions / S. Yefremova, A. Kablanbekov, B. Satbaev, A. Zharmenov – DOI: 10.3390/ma16237353 // Materials. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI) – 2023. – V. 16, № 23.

2. ГОСТ Р 50926-96. Отходы высокоактивные отверженные Общие технические требования: государственный стандарт Российской Федерации: официальное издание: принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 18 июля 1996 г. № 467: дата введения 1997-01-01 / разработан и внесен Государственным научным центром Российской Федерации "Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов им. А.А.Бочвара". – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1996. – II, 6.

Стаканова Н.А.<sup>1,2</sup>, Старовойтов Н.П.<sup>2</sup>, Козлов П.В.<sup>2</sup>, Ремизов М.Б.<sup>2</sup>, Тананаев И.Г.<sup>1,2</sup>

#### ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ СТЕКЛОМАТРИЦ ПРИ СИНТЕЗЕ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

<sup>1</sup> Департамент ядерных технологий ДВФУ

<sup>2</sup> Федеральное государственное унитарное предприятие «Производственное объединение «Маяк»

<sup>1</sup>Науч. рук. – д.х.н., профессор Департамента ядерных технологий ИТПМ ДВФУ Тананаев. И.Г.

В настоящее время в России реализуется концепция безопасного обращения с жидкими радиоактивными отходами, которые образуются при переработке отработавшего ядерного топлива. Единственной доведенной до промышленной стадии технологией обращения с такими отходами является их остекловывание. Высокоактивные радиоактивные отходы (далее - ВАО) должны быть

преобразованы в стабильную твердую форму, подходящую для долгосрочного и экологически безопасного захоронения, при исключении выхода радиоактивных веществ в окружающую среду. Наиболее распространенной и общепризнанной стекломатрицей для радиоактивных отходов (далее - РАО) является боросиликатное стекло. Оно обладает высокой химической стойкостью, термической устойчивостью, механической прочностью и является перспективным направлением создания матрицы для ВАО.

Для того, чтобы включенные в стекломатрицу радионуклиды надежно иммобилизовались в течение требуемого времени, матрица должна иметь определенный комплекс физических и химических характеристик, регламентируемых требованиями безопасности НП-019-15.

Однородность распределения компонентов (фаз) является одним из важных показателей качества стеклоподобных компаундов для обеспечения химической стабильности и предотвращения процессов выщелачивания. Стекломатрицы, содержащие ВАО, будут подвергаться воздействию  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -излучению вследствие распада радионуклидов, содержащихся в отходах, и сохранение основных физико – химических свойств является важным критерием.

Цель работы: оценка однородности боросиликатных стекол (далее - БСС) после воздействия протонного излучения для подтверждения соответствия их характеристик принятым в РФ нормативам, регламентирующем требования к отверженным формам РАО.

Объекты исследования: боросиликатная стекломатрица, содержащая оксиды цезия и стронция, имитирующих активные образцы отверждённых ВАО; боросиликатная матрица после облучения потоком ускоренных протонов с энергией 18 МэВ до накопленной дозы  $1,7 \cdot 10^7$  Гр. Выбранное значение дозовой нагрузки является начальным в серии предполагаемых в дальнейшем исследований, вплоть до регламентируемого в НП-019-2015.

Образцы для облучения изготавливали в виде пластинок толщиной около 1 мм и диаметром 5,8 мм. Одну сторону стекла полировали.

Состав стекла и массовые доли компонентов в синтезированных стеклах составили:  $\text{Na}_2\text{O}$  - 12,48 %;  $\text{SiO}_2$  - 56,91 %;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 3,00 %;  $\text{CaO}$  - 3,00 %;  $\text{B}_2\text{O}_3$  - 17,97 %;  $\text{Li}_2\text{O}$  - 3,49 %;  $\text{MnO}_2$  - 3,00 %;  $\text{Cs}_2\text{O}$  - 0,08 %;  $\text{SrO}$  - 0,03 %;  $\text{BaO}$  - 0,03 масс. %.

Однородность образцов исследовали методом СЭМ с помощью сканирующего электронного микроскопа, оснащенного системой для рентгенспектрального микроанализа. В каждом образце проанализировано по четыре участка со стороной квадрата 200 мкм при ускоряющем напряжении 30 кВ, токе пучка – 14 мА. За результат исследования принимали средние значения четырех измерений по каждому из исследованных участков.

Для количественной оценки однородности синтезированных стекол по данным РСМА об их элементном составе по формуле рассчитывали величины коэффициентов вариации содержания анализируемых компонентов в исследуемых стеклах по формуле (1):

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $V$  - коэффициент вариации, отражающий степень отклонения содержания рассматриваемого элемента стекла от среднего значения его содержания в стекле, %;

$\sigma$  - среднеквадратичное отклонение, которое дает абсолютную оценку меры разбросанности значений элемента в анализируемой пробе;

$\bar{x}$  - среднее содержание анализируемого элемента в стекле, масс. %.

Полученные данные представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Коэффициент вариации исходного стекла, %

№ состава	Коэффициент вариации, %								
	O	Na	Al	Si	Ca	Mn	Sr	Cs	Ba
1	1,6	3,8	9,9	2,8	6,7	9,8	-	5,9	-

Таблица 2

Коэффициент вариации облученного стекла, %

№ состава	Коэффициент вариации, %								
	O	Na	Al	Si	Ca	Mn	Sr	Cs	Ba
1	0,6	1,2	36,5	6,3	5,3	7,4	-	-	-

По результатам, представленным в таблице 2 и 3, видно, что до облучения образцы однородны по химическому составу и равномерность стекла по макрокомпонентам находится в пределах 10%, а после облучения в образце наблюдается отклонение в равномерности распределения алюминия более 10%.

По результатам исследования исходного и облученного стекла на глубину до 5 мкм отмечено снижение концентрации алюминия в 1,4 раза, что отображено в таблице 3.

Таблица 3

Концентрация Al по результатам СЭМ в приповерхностном слое до и после облучения, вес. %

Глубина анализа, мкм	Исходное стекло	Облученное стекло ( $1,7 \cdot 10^7$ Гр)
0-5	9,25	6,53

Миграция алюминия может приводить к структурным превращениям и, возможно, в дальнейшем увеличение дозовой нагрузки повлечет за собой возникновение внутренних напряжений и, как следствие, образование дефектов в структуре стекла.

Необходимы дополнительные исследования образцов стекла при повышении дозовой нагрузки для понимания структурных и фазовых превращений в стеклах.

Мальцев А.А.<sup>1, 2</sup>

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛУТОНИЯ В МАТРИЦЕ МОКС-ТОПЛИВА С ЦЕЛЬЮ ОБОСНОВАНИЯ ГОМОГЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕЛЕВОГО КОМПОНЕНТА**

<sup>1</sup>Департамент ядерных технологий ИТПМ ДВФУ,

<sup>2</sup>Федеральное государственное унитарное предприятие «Производственное объединение «Маяк»

Научный руководитель - член-корреспондент РАН, д.х.н. Тананаев И.Г.

Существующие технические условия на изготовление МОКС-топлива не предусматривают стандартизованные методы контроля таких характеристик, как: максимальный линейный размер участка с повышенным содержанием плутония от номинального значения в два раза и площадь участков с повышенным содержанием плутония от номинального значения в два раза от площади сечения шлифа, что затрудняет оценку качества конечной продукции.

Для целей решения данного вопроса предложено применение сканирующего электронного микроскопа с интегрированной системой энергодисперсионного микроанализа, применение которого позволит с высокой точностью оценивать распределение плутония по шлифу, что в свою очередь позволит повысить надежность и достоверность данных при контроле качества МОКС-топлива.

В процессе разработки метода были решены следующие задачи:

- подобраны режимы работы сканирующего электронного микроскопа;
- изучены распределения целевых компонентов в матрице МОКС-топлива (на подготовленных шлифах) с применением системы энергодисперсионного микроанализа сканирующего электронного микроскопа;
- проведена количественная оценка компонентов в матрице;
- обработаны полученные статистические данные;
- разработан проект методики контроля качества МОКС-топлива по показателям: максимальный линейный размер участка с повышенным содержанием плутония от номинального значения в два раза и площадь участков с повышенным содержанием плутония от номинального значения в два раза от площади сечения шлифа.

Отработка предложенного метода контроля на реальных образцах МОКС-топлива показала хорошую воспроизводимость результатов контроля.

По результатам предварительной обработки полученных данных, рассчитаны характеристики относительной погрешности для показателя «отношение площадей плутония к сумме урана и плутония» (таблица), а для показателя линейных размеров принята погрешность средства измерения, которая составляет 3 % согласно описанию типа.

Таблица 1

Характеристики относительной погрешности измерений для  $P = 0,95$

Определяемый параметр	Доверительные границы случайной погрешности	Доверительные границы неисключенной систематической погрешности	Доверительные границы суммарной погрешности
Отношение площадей плутония к сумме урана и плутония	0,019	0,13	$\pm 0,13$

---

Баланов М.И.<sup>1</sup>, Ермолина К.Г.<sup>1</sup>, Штарев Д.С.<sup>2</sup>

**НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ГИБРИДНЫХ ПЕРОВСКИТОВ НА ОСНОВЕ ГАЛОГЕНИДОВ СВИНЦА И АЛКАНДИАМИНОВ ВИДА**

**[H<sub>3</sub>N-(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>-NH<sub>3</sub>]PbX<sub>4</sub> (n=4-8, X=Cl, Br, I)**

<sup>1</sup> Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ

<sup>2</sup> Департамент ядерных технологий ИТПМ ДВФУ

Научный руководитель - д.ф.-м.н., профессор Штарев Д.С.

Галогенидные гибридные перовскиты получили большое внимание в последнее десятилетие благодаря своим впечатляющим оптическим и электрическим свойствам. Эти материалы находят применение во многих областях, в частности особенно перспективны фотоэлектрические приложения. Одной из главных составляющих гибридных перовскитов является органический катион. Тип и размер органических катионов могут влиять на кристаллическую структуру перовскитов, что, в свою очередь, влияет на их электрические и оптические свойства [1].

В данной работе исследовалось влияние размера органического катиона и анионного состава на люминесцентные характеристики гибридных перовскитов. Поскольку данные соединения не

люминесцируют при комнатной температуре, то исследование люминесцентных свойств проводили при температуре жидкого азота (Таблица 1).

Для серии хлоридных образцов было показано наличие широкополосной люминесценции (ШЛ) в области 550 нм. Для серии бромидных образцов было показано наличие широкополосной люминесценции в области 450-630 нм, максимум которой с увеличением углеродного скелета органического катиона смешался в более длинноволновую область, а также – узкополосной люминесценции (УЛ) в области 400 нм, при этом соотношение интенсивностей УЛ и ШЛ уменьшалось с увеличением углеродного скелета органического катиона.

Таблица 1

Состав	$\lambda_{\text{ул}}$ , нм	$\lambda_{\text{ШЛ}}$ , нм	$I_{\text{ул}}/I_{\text{ШЛ}}$
[H <sub>3</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -NH <sub>3</sub> ]PbCl <sub>4</sub>	нет	550,0	-
[H <sub>3</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -NH <sub>3</sub> ]PbCl <sub>4</sub>	нет	564,9	-
[H <sub>3</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> -NH <sub>3</sub> ]PbCl <sub>4</sub>	нет	550,0	-
[H <sub>3</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> -NH <sub>3</sub> ]PbCl <sub>4</sub>	нет	552,5	-
[H <sub>3</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> -NH <sub>3</sub> ]PbCl <sub>4</sub>	нет	562,2	-
[H <sub>3</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -NH <sub>3</sub> ]PbBr <sub>4</sub>	399,3	443,9	105,4
[H <sub>3</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -NH <sub>3</sub> ]PbBr <sub>4</sub>	412,1	498,6	11,1
[H <sub>3</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> -NH <sub>3</sub> ]PbBr <sub>4</sub>	398,2	619,3	7,1
[H <sub>3</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> -NH <sub>3</sub> ]PbBr <sub>4</sub>	402,1	598,2	3,3
[H <sub>3</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> -NH <sub>3</sub> ]PbBr <sub>4</sub>	392,4	624,6	1,1
[H <sub>3</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -NH <sub>3</sub> ]PbI <sub>4</sub>	504,1	736,6	6,3
[H <sub>3</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -NH <sub>3</sub> ]PbI <sub>4</sub>	нет	нет	-
[H <sub>3</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> -NH <sub>3</sub> ]PbI <sub>4</sub>	498,5	709,0	8,4
[H <sub>3</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> -NH <sub>3</sub> ]PbI <sub>4</sub>	нет	нет	-
[H <sub>3</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> -NH <sub>3</sub> ]PbI <sub>4</sub>	486,7	676,8	5,0

Для серии иодидных образцов было показано наличие широкополосной люминесценции в области 670-740 нм, максимум которой с увеличением углеродного скелета органического катиона смешался в более коротковолновую область, а также – узкополосной люминесценции (УЛ) в области 500 нм, при этом образцы на основе пентандиамина-1,5 и гептандиамина-1,7 не люминесцировали.

#### Список литературы

1. M.D. Smith, A.Jaffe, E.R. Dohner, A.M. Lindenberg, H.I. Karunadasa, Structural Origins of Broadband Emission from Layered Pb–Br Hybrid Perovskites // Chemical Science, 2017, Vol.8, p.4497-4504

## Раздел XIV ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА

Ермишина В.В., Багрова А.А.

### ФРАКТАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ В АСТРОНОМИИ

Департамент информационных и компьютерных систем ИМиКТ ДВФУ

Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент Ю. А. Злобина

В данной работе стояла задача исследовать звездное небо, описать его методами фрактальной геометрии. Для решения поставленной задачи была найдена база данных каталога звёзд HYG версии 3.7, в который входят три больших каталога: the Hipparcos Catalog, the Yale Bright Star Catalog (5-ое издание), the Gliese Catalog of Nearby Stars (3-е издание). Данная база включает в себя данные о более чем 100 тысячах звёзд, в ней содержится индивидуальный номер каждой звезды, её название (если есть), созвездие, небесные координаты (склонение, прямое восхождение), декартовые координаты (положение Солнца принято за начало координат), абсолютная звездная величина и т.д.

Предположим, что звездное небо – самоподобный фрактал, тогда размерность Хаусдорфа должна отражать это свойство. Формула размерности, которую мы будем использовать, это массовый показатель  $D_m$ , указывающий, сколько занятых узлов, «масс» находится в круге радиуса  $M(R) \sim R^D$ .

Для евклидовых объектов показатель  $D_m$  равен евклидовой размерности. Например, для сплошного диска площадь  $M(R) = \pi R^2$ , то есть  $D_m = 2$ . Для фракталов  $D_m$  либо больше, либо меньше евклидовой размерности пространства. Так, для треугольного ковра Серпинского (двумерное несчетное множество нулевой меры)  $D_m = \frac{\ln 3}{\ln 2} \approx 1,58$ , а для канторовой пыли массовая размерность  $D_m \approx 1,26$ .

Алгоритм измерения фрактальной размерности звёздного неба, используемый нами, основан на подсчете количества звёзд, попадающих в определенный круг радиусом  $R$ , центром которого является выбранная звезда. Все звёзды имеют декартовые координаты вида  $(x; y)$ . В ходе эксперимента радиус круга увеличивается на постоянную величину. На выходе программы получаем таблицу, содержащую следующую информацию: номер итерации ( $i$ ), радиус окружности ( $R_i$ ), количество звёзд в ней ( $N_i$ ) и значение массовой размерности, рассчитанной по формуле:

$$D = \frac{\ln \frac{N_{i+k}}{N_i}}{\ln \frac{R_{i+k}}{R_i}},$$

где:  $N_i$  – количество объектов, входящих в круг радиуса  $R_i$ ;

$i$  – номер итерации;

$k$  – шаг, с которым изменяется номер итерации.

Оказалось, что среднее значение фрактальной размерности уменьшается с увеличением расстояний. На больших расстояниях (больше 55 парсек) полученное значение размерности  $D \approx 1,26$ . Интересен факт, что для двумерного изотропного полета Леви с показателем  $D \approx 1,26$ , точки поворота, «галактики», порожденные этим процессом, имеют удивительное сходство с распределением галактик во Вселенной, каким его видит земной наблюдатель.

### Список литературы

1. От большого взрыва до черных дыр. Краткая история времени / С. Хокинг ; пер. с англ. Н. Я. . Смородинской. – Москва: Издательство АСТ, 2017. - 232 с.

Каменев А.О.<sup>1</sup>, Каменев О.Т.<sup>2</sup>

## НЕЙРОСЕТЕВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ КВАЗИРАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СЕТИ С АМПЛИТУДНЫМИ ДАТЧИКАМИ

<sup>1</sup> Департамент общей и экспериментальной физики ИНТИПМ ДВФУ

<sup>2</sup> Базовая кафедра фотоники и цифровых лазерных технологий ПИ ДВФУ

Научный руководитель – д.ф.-м.н., О.Т. Каменев<sup>2</sup>

Для измерения физических полей применяются квазираспределенные волоконно-оптические измерительные сети (КВОИС) [1]. В узлах такой сети располагаются точечные волоконно-оптические датчики, которые регистрируют значение измеряемого параметра физического поля в области расположения узла. Применение томографических принципов сбора и обработки данных в КВОИС обеспечивает существенное уменьшение информационных каналов, а также объема данных, которые передаются на устройство обработки. Это повышает помехозащищенность, снижает требования к каналам передачи данных и АЦП. Традиционно в томографических КВОИС применяют интегрирующие измерительные линии, в которых сигналы от датчиков суммируются. Для обработки выходных сигналов интегрирующих измерительных линий разработаны специальные итерационные алгоритмы, среди которых наиболее популярным является метод ART (Algebraic Reconstruction Technique) [2]. Применение для этих целей нейронных сетей существенно повышает скорость восстановления исследуемого физического поля по томографическим данным [3].

В случае применения в томографических КВОИС амплитудных датчиков, сигналы в линии перемножаются. Поэтому для реконструкции физического поля используют мультипликативную версию метода ART – MART [4]. В настоящей работе показана возможность применения нейронной сети для восстановления физического поля по томографическим данным, формируемым макетом КВОИС с мультилинизовыми измерительными линиями.

При воздействии измеряемой физической величины на  $j$ -ый амплитудный волоконно-оптический датчик сети изменяется его коэффициент пропускания  $y_j$ . Тогда общий коэффициент пропускания  $i$ -ой мультилиниющей измерительной линии

$$x_i = \prod_{j'} y_{j'}, \quad (1)$$

где  $j'$  принимает значения, равные номерам датчиков, через которые проходит  $i$ -ая линия. Если  $M$  – это количество измерительных линий, то на выходе КВОИС с мультилинизовыми линиями формируется набор томографических данных  $\mathbf{x} = \{x_1, \dots, x_M\}$ .

Чтобы получить набор значений коэффициента пропускания всех датчиков сети  $\mathbf{y} = \{y_1, \dots, y_N\}$  ( $N$  – число датчиков в сети), необходимо решить систему уравнений вида (1). Так как  $N > M$ , сделать это можно только с использованием метода MART, в котором используется итерационный алгоритм с большим числом итераций. Применение нейронной сети, обученной по данным, составленным с использованием метода MART, позволяет получить набор  $\mathbf{y}$  за один проход данных через нейросеть.

В настоящей работе в качестве нейронной сети применен двуслойный персепtron с одним внутренним слоем нелинейных нейронов, функция активации которых имеет вид:

$$s_k = \chi \left( \sum_{i=1}^M w_{ik} x_i \right), \quad (2)$$

где  $w_{ik}$  – весовой коэффициент связи  $i$ -ого нейрона входного слоя с  $k$ -тым нейроном внутреннего слоя,  $\chi(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$ . Линейные нейроны выходного слоя имеют функцию активации:

$$y_j = \sum_{k=1}^H \omega_{kj} s_k, \quad (3)$$

где  $\omega_{kj}$  – весовой коэффициент связи  $k$ -того нейрона внутреннего слоя с  $j$ -тым нейроном выходного слоя.

Для обучения нейросети применялся метод обратного распространения ошибки. Обучение проводилось с использованием обучающей страницы, содержащей  $10^4$  пар векторов ( $\mathbf{x}, \mathbf{y}$ ). Качество работы нейросети проверялось с использованием эталонных пар векторов, не входивших в обучающую страницу. Для оценки качества работы использовались коэффициент корреляции  $\eta$  и среднеквадратичное отклонение  $\sigma$  между эталонным распределением физической величины и восстановленным нейросетью (рисунок 1).

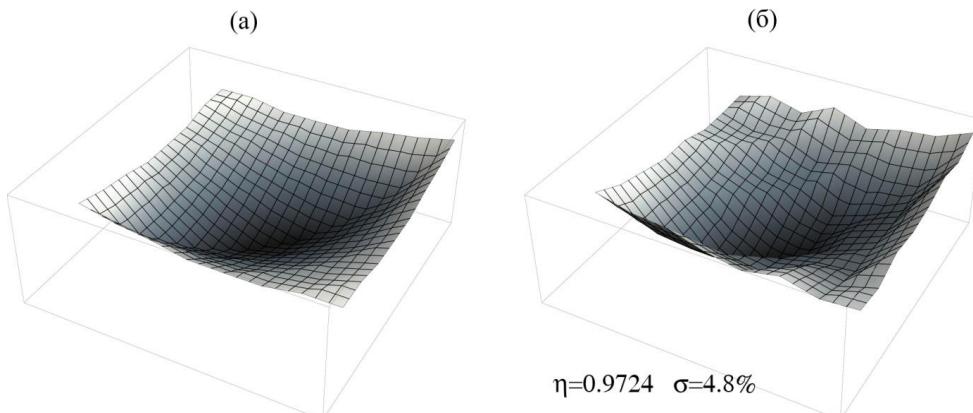


Рисунок 1 – Результат восстановления физического поля с использованием алгоритма MART (а) и с использованием нейронной сети (б)

Как видно из рисунка 1, погрешность работы нейронной сети не превышает 5% и может быть снижена за счет более тщательного подбора обучающих пар векторов.

#### Список литературы

- Кульчин Ю.Н. Распределенные волоконно-оптические измерительные системы / Ю. Н. Кульчин. - Москва : Физматлит, 2001.- 273 с.
- Gordon RA. Tutorial on ART (Algebraic reconstruction techniques) // IEEE Tr. on Nuclear Sciences.- 1974.- NS-21(1).- P. 78-93.
- Kulchin Y.N. Application of the three-layered perceptron for signal processing of distributed fiber optical measuring network / Y.N. Kulchin, O.T. Kamenev, I.V. Denisov, A.V. Panov // Proc. of SPIE.- 2003.- V.5129.- P. 176-181.
- Herman G.T. Iterative reconstruction algorithms / G.T. Herman, A. Lent // Computers in Biology and Medicine.- 1976.- V.6.- P. 273-294.

---

Капалин А.В.<sup>1</sup>, Анкушев А.С.<sup>1</sup>

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОТОКОВОГО АНАЛИЗА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ИСКРОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

<sup>1</sup>Департамент общей и экспериментальной физики ИНТИПМ ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Голик С.С.

В настоящее время является важной разработка новых методов анализа в режиме реального времени в промышленности, в частности для контроля качества входной руды и конечной продукции

непосредственно на промышленных конвейерах. Комплексный оперативный мониторинг на предприятиях горнодобывающей отрасли играет ключевую роль в обеспечении экономической эффективности и безопасности процессов производства. Текущая практика анализа заключается в отборе проб материала с производственной линии и анализе его в автономном режиме в лаборатории на месте. Методы спектрохимического анализа включая атомно-абсорбционную спектрометрию, оптико-эмиссионную спектрометрию с индуктивно связанный плазмой и масс-спектрометрию с индуктивно связанный плазмой используются для определения концентрации входного сырья и выходного продукта. Высокие аналитические характеристики, обеспечиваемые этими методами, и связанные с ними условия эксплуатации делают их подходящими для лабораторного анализа. Однако в рамках автоматизации производственных процессов и управления информатизацией предприятия требуется перейти к онлайн- и автоматическому определению характеристик исследуемых образцов, в частности в производственной цепочке калийных удобрений.

За последние годы метод лазерной искровой спектроскопии (ЛИС), основанный на генерации плазмы лазерного пробоя в исследуемом образце, продемонстрировал огромный потенциал для быстрого качественного и количественного анализа широкого круга исследуемых объектов [1, 2]. Поскольку единственным требованием метода ЛИС является оптический доступ к образцу, ЛИС является многофункциональным методом *in-situ* анализа различных материалов и удовлетворяет промышленным требованиям.

Из этого следует, что направление данной работы является перспективным для создания новых технологий потокового экспресс-анализа элементного состава.

В работе проведены экспериментальные исследования спектров лазерной плазмы, генерируемой на поверхности образцов минеральных удобрений с различными концентрациями калия и натрия.

#### *Список литературы*

1. Timur A. Labutin, Vasily N. Lednev, Alexey A. Iljin and Andrey M. Popov Femtosecond laser-induced breakdown spectroscopy // J. Anal. At. Spectrom., - 2016. – Vol.31.
2. Cremers D.A., Radziemski L.J. Handbook of Laser-Induced Breakdown Spectroscopy // 2nd Edition, Wiley – 2013. – Vol. 432.

---

Маркова В. Р.

**ПРОЯВЛЕНИЕ ВОДОРОДНОЙ И ГАЛОГЕННОЙ СВЯЗЕЙ В КОЛЕБАТЕЛЬНОМ СПЕКТРЕ  
КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО  $\beta$ -КЕТОИМИНАТА ДИФТОРИДА БОРА**

Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Л. А. Куартон

Водородная связь (Н-связь) – это особый вид взаимодействия, которое связывает группы, имеющие атом водорода с избыточным положительным зарядом (обычно группы О-Н или N-Н) с другими группами, содержащими электротрицательный атом [1].

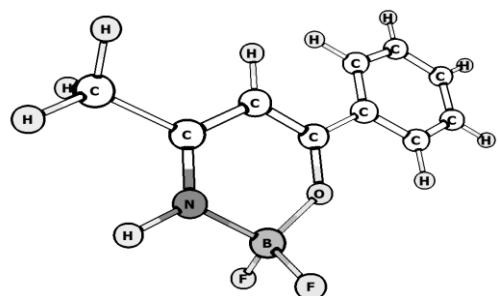


Рисунок 14. Изучаемый комплекс

В данной работе изучались проявления водородной связи в колебательных спектрах кристаллического кетоимината дифторида бора (рис. 1).

На рисунке 2 представлена область валентных колебаний  $\nu_{\text{NH}}$ , в которой проявляется водородная связь в виде низкочастотного сдвига полосы этого колебания.

Взаимодействие на основе Н-связи вызывает изменения и в нормальных колебаниях с участием  $\text{BF}_2$  групп в диапазоне 1350-800  $\text{cm}^{-1}$  [2], которые также изучались в нашей работе.

Кроме того, присутствие атомов фтора обуславливает наличие и галогенных связей в системе. Галогенная (X-связь) – тип нековалентного взаимодействия атома галогена X одной молекулы с отрицательным центром, например, неподелённой парой электронов, другой молекулы [3].

В работе выявлены маркерные колебательные полосы, чувствительные к специфическим нековалентным взаимодействиям в спектре данного соединения, а также измерены их количественные характеристики, содержащие информацию о геометрии и силе этих взаимодействий.

#### Список литературы

1. Наберухин, Ю. И. Лекции по молекулярной спектроскопии / Ю. И. Наберухин – Новосибирск: НГУ, 1973. – 182 с.
2. Kuarton, L.A. Vibrational Spectroscopy Studies of the Non-Covalent Interactions Governing Photophysical Properties in Some Crystalline Difluoride Boron Complexes, / L.A.Kuarton, O.B.Ryabchenko // 5<sup>th</sup> A.N. Terenin Memorial International Symposium on Molecular Photonics, St. Petersburg, Book of abstracts. – 2021. – P. 36
3. Naying Ping. Insight into the halogen-bonding interactions in the  $\text{C}_6\text{F}_5\text{X}\cdots\text{ZH}_3$  ( $\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}; \text{Z} = \text{N}, \text{P}, \text{As}$ ) and  $\text{C}_6\text{F}_5\text{I}\cdots\text{Z}(\text{Ph})_3$  ( $\text{Z} = \text{N}, \text{P}, \text{As}$ ) complexes / Naying Ping, Huaiyu Zhang, Lingpeng Meng, Yanli Zeng // Structural Chemistry. - 2021. - V. 32. – P.767–774. DOI: 10/1007/s11224-020-01656-z

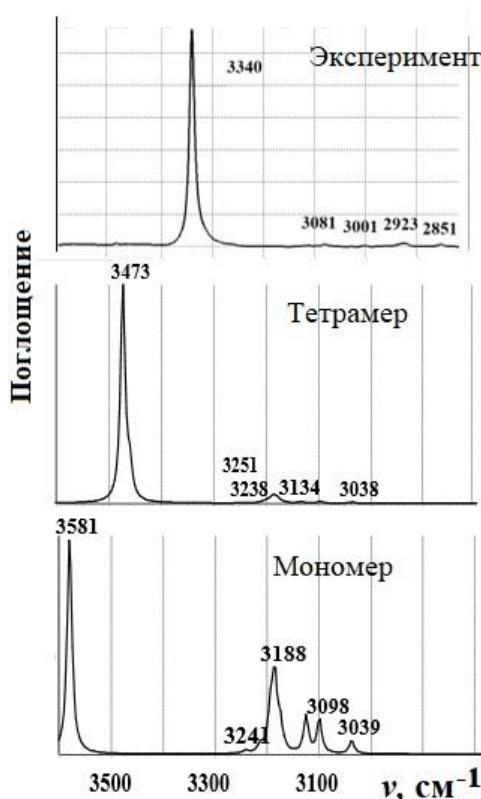


Рисунок 2. Экспериментальный (вверху) и расчётные спектры в диапазоне 3500-2800  $\text{cm}^{-1}$  (не масштабированы)

Немтинов В.И.<sup>1</sup>

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДОРОДНОЙ СВЯЗИ В СИСТЕМЕ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ-ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕН

<sup>1</sup>Департамент общей и экспериментальной физики ИНТИПМ ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель - к.ф-м.н., доцент И. С. Осьмушко

Современные исследования полимерных материалов играют важную роль в развитии инновационных технологий и новых материалов, обладающих уникальными свойствами. Одним из ключевых направлений в этой области является создание смарт-полимеров, способных изменять свои свойства под воздействием различных факторов. Данная работа является частью исследований фторполимерного материала, полученного на основе полиэтиленгликоля и теломеров тетрафторэтилена, обладающего свойством переключения смачиваемости при изменении температуры.

Экспериментальные данные РФЭС, полученные в ИХ ДВО РАН для конденсированного состояния «политетрафторэтилена на полиэтиленгликоле», показывают наличие расщепление линии 1s фтора. Было предположено, что причиной этого явления является образование водородных связей.

Для проверки гипотезы мы провели ряд расчётов с помощью метода теории функционала плотности для разных длин водородной связи на модельных соединениях  $C(H)-F_2-CF_2-CF_2-C(H)F_2$  и  $C(H_3)-C(H_2)-O-C(H_2)-C(H_2)-O-C(H_2)-C(H_3)$ . Длины водородной связи выбирались в диапазоне от 1,40 до 2,20 Å с шагом 0,2 Å, что перекрывает диапазон значений, представленных в исследованиях разных авторов [1-2]. Для оценки влияния водородной связи на 1s уровень фтора использовались центральные звенья модельных соединений, чтобы имитировать окружение в полимерных цепочках. Установление точного геометрического строения полимеров или их частей в экспериментальном образце не было целью исследования. Целью явились оценка влияния водородной связи на энергию уровней F1s и сопоставление с экспериментальными данным РФЭС. В ходе проведения расчётов было установлено, что наличие водородной связи приводит к однозначному и заметному расщеплению уровней F1s, для различных длин F...H. Таким образом, по наличию явного расщепления спектра 1s-уровня атомов фтора при проведении РФЭС можно судить о наличии водородных связей в веществе.

### Список литературы

1. Соотношение между длинами связей в водородных мостиках  $n-H...N$ ,  $O-H...O$ ,  $F-H...F$  И  $Cl-H...Cl$ . Е. Г. Тараканова, Г. В. Юхневич. ЖСХ. 2009. Т. 50, № 6. С. 1063—1069.
2. Строение соединения  $C_{17}H_{20}FN_3Ov\ldots 2HSOv\ldots H_2O$ . А. Д. Васильев, Н. Н. Головнев, И.А. Байдина. ЖСХ. 2009. Т. 50, № 1. С. 165—168.

---

Савранский И.Д., Низамутдинов К.Э

## МАСШТАБНАЯ ИНВАРИАНТНОСТЬ ЗВЕЗДНОГО НЕБА

Департамент информационных и компьютерных систем ИМИКТ ДВФУ

Научный руководитель - к.ф.-м.н., доцент Ю. А. Злобина

Многие объекты природы обладают свойством масштабной инвариантности. Если объект обладает структурой, то аналогичная структура в данном случае должна проявиться во многих масштабах. А самоподобный объект должен обладать фрактальными свойствами, за исключением построений, не имеющих характерных структурных особенностей (таких как прямая). В данной работе проверяется масштабная инвариантность звездного неба. С этой целью был осуществлен поиск

необходимых данных в сети Интернет. В качестве источника данных была выбрана система поддержки астрофизических каталогов CATS (CATalogs support System), где содержатся галактические координаты звезд (широта и долгота), тригонометрический параллакс и др.

Для определения расстояний до звезд использовалась формула:

$$r = \frac{a}{\sin \pi},$$

где  $a$  – расстояние от Земли до Солнца,  $\pi$  – тригонометрический параллакс.

Так как параллаксы звезд в подавляющем большинстве не превышают  $1''$ , то синус угла можно заменить самим углом в радианной мере:

$$\sin \pi \approx \frac{\pi''}{206265}, \quad \text{тогда } r \approx \frac{206265 a}{\pi''}.$$

В процессе выполнения работы была написана программа на Python, которая подготавливает данные для их загрузки в приложение на C++, написана программа на C++, которая запрашивает у пользователя координаты звезды, которая будет являться центром строящихся сфер в пространстве, и начальный радиус сферы. Далее программа рассчитывает количество звезд, попадающих в шар с заданным радиусом с центром в выбранной пользователем точке и выводит данные в таблицу, затем радиус увеличивается на заданный шаг, рассчитывается фрактальная размерность и процедура повторяется до тех пор, пока не будет достигнут установленный в программе лимит. В конце программа выводит получившуюся таблицу в текстовый файл, где первый столбец – радиус в парсеках, второй – количество звезд, которые попадают в это радиус, третий – фрактальная размерность.

Результат расчета размерности Хаусдорфа по формуле  $D = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\ln N(r)}{\ln 1/r}$  позволяет сделать вывод о том, что если расстояния не превышают 50 парсек, то размерность Хаусдорфа колеблется возле значения  $D \approx 1,5$ , а после начинает плавно снижаться, что может быть связано с неточностью определения больших расстояний через параллакс.

В конце заметим, что часто дробные показатели законов, описывающих совершенно разные явления (например, плавление и магнетизм), оказываются похожи, что может служить указанием на существование аналогичных, универсальных механизмов, лежащих в основе этих явлений.

#### Список литературы

1. Шредер М. Фракталы, хаос, степенные законы: миниатюры из бесконечного рая / Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2001. – 527 с.

---

Юдин В.П.

**ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИЗА. СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОЛИЗЁРА**  
МБОУ СОШ №33 г. Артём

Научный руководитель – учитель физики и математики Т.Н. Глеб

Практически все ныне известные виды топлива загрязняют окружающую среду, выделяя при сгорании углекислый и угарный газы. Находиться в такой атмосфере опасно для здоровья. Целью данной работы является определение максимально эффективного энергоносителя, методов его получения и эффективное получение водорода с помощью самодельного электролизёра.

Водород – самый перспективный энергоноситель, который позволяет решить задачу получения энергии при отсутствии влияния на окружающую среду. Переход транспорта, промышленности, быта на сжигание водорода – это путь к радикальному решению проблемы охраны воздуха от загрязнения

оксидами углерода, азота, серы. У водородных топливных элементов крайне высокий КПД – 60%, в то время как у солнечных электростанций КПД всего 15-20%, а у лучших ветряных электростанций – 40%. При сгорании водорода выделяются лишь вода и огромное количество теплоты. Водород не имеет цвета и запаха, он нетоксичен. Мировой океан на две трети состоит из этого элемента, а во всей Вселенной наряду с гелием занимает наибольший объём [1]. Среди множества методов промышленного производства водорода наиболее удобным, простым и экологичным методом является электролиз. В процессе электролиза при прохождении электрического тока через обрабатываемую воду происходит серия электрохимических реакций, в результате которых образуется водород и кислород. Электролизер преобразует электрическую энергию в энергию горючих газов [2].

В ходе работы над сборкой электролизёра были изучены материалы для изготовления электролизёра, изготовлен тестовый вариант прибора, позволивший детально изучить процесс электролиза и рассчитать необходимые характеристики будущей модели. В результате был изготовлен действующий эффективный электролизёр. При его изготовлении пластины из нержавеющей стали, вырезанные лазерным резаком по собственным чертежам, обрабатывались вручную. Вырезаны и обработаны изоляторы из резины, в пластинах из оргстекла просверлены отверстия для стягивающих винтов и штуцеров отвода газа и подвода электролита. Бак циркуляции электролита изготовлен из автомобильного тормозного бачка. После сборки всех деталей и установки трубок устройство готово к использованию. Лабораторный блок питания регулирует напряжение между пластинами электролизёра. Огнепреградительный клапан и гидрозатвор защищают прибор от обратного удара пламени. Для наиболее эффективной химической реакции использовался 15-процентный раствор щёлочи. Для резки металла полученным в результате реакции газом использовалась горелка с регуляторами пламени. В результате работы был детально изучен процесс электролиза, выбрана модель электролизёра и рассчитаны все характеристики устройства, приобретены материалы для изготовления прибора, изготовлен электролизёр, получен и применён водород.

#### *Список литературы*

1. Физика. Вселенная. Часть 1. Пер. с англ. А.С. Ахматова. –М.: Наука, 1973
2. Серов С. Огонь из воды // Моделист-конструктор. - 1980. – №7. - С. 44

## Раздел XV

### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Андрейченко И. С.<sup>1</sup>, Шульга Д. В.<sup>1</sup>

#### АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННОЙ АНИГИЛИЯЦИИ В ПРОТОН-АНТИПРОТОННУЮ ПАРУ

<sup>1</sup>Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий ИНТИПМ ДВФУ

<sup>2</sup>Научный руководитель – к. ф. - м. н., доцент Шульга Д. В.

Электрон-позитронные ускорители предоставляют возможность изучения различных физических процессов с участием частиц в конечном состоянии с определенными значениями квантовых чисел JPC. Они позволяют, например, исследовать релятивистские связанные состояния с-кварка, разрабатывать и проверять новые идеи в описании удержания кварков и поиска возможных экзотических примесей в волновых функциях состояний. Одной из интересных систем, изученных в данном контексте, является  $\psi(3770)$ . Исследования проводились в ряде коллабораций (KEDR-VEPP-4M, CLEO, и относительно недавно BES III), что позволило уточнить измерения полного поперечного сечения. Эти измерения выявили зависимость от квадрата полной инвариантной массы, отличающуюся от пика Брейта-Вигнера. Это наблюдение привело к выводу о существовании механизма, генерирующего большую относительную фазу между резонансными и непрерывными членами амплитуды. Действительно, вскоре было продемонстрировано, что такая фаза может быть вызвана существованием узкого, но очень глубокого минимума в амплитуде, который приводит к наблюдаемому провалу в сечении.

В данной работе рассматривается поперечное сечение процесса электрон-позитронной аннигиляции в протон-антипротонную пару вблизи чармония  $\psi(3770)$ , включая вклады трехглюонной и D-мезонной петель. Целью же работы является проверка устойчивости предложенной модели, то есть в различных диапазонах фитируются параметры лежащие в основе модели.

Наблюдаемой величиной в эксперименте является сечение рассеяния  $\sigma$ , поэтому, с помощью модели, предложенной в статье [1], будем теоретически его восстанавливать. Одним из важнейших параметров модели является эффективный формфактор. Ниже приведены графики сечения рассеяния в борновском приближении (правый), полное сечение рассеяния процесса (левый) и их изменения в зависимости от констант  $C$  и  $C_\psi$ , входящих в соответствующие формфакторы.

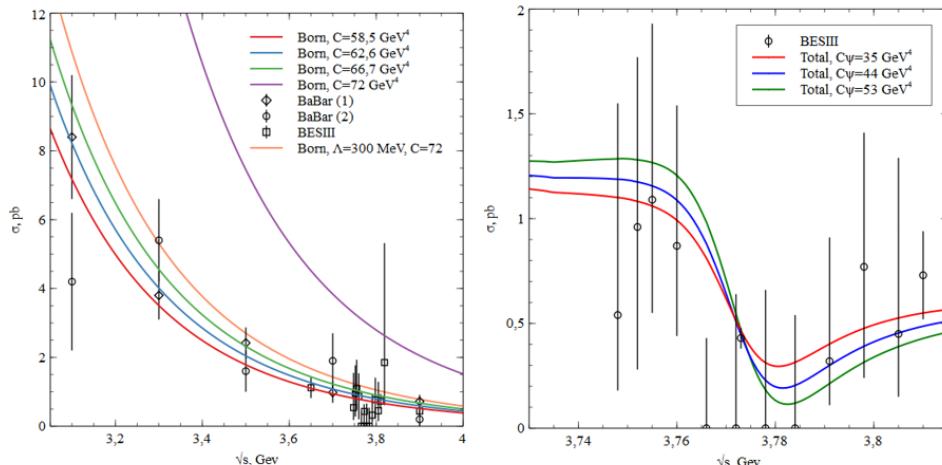


Рисунок 15. Зависимость сечения рассеяния  $\sigma$  от энергии  $\sqrt{s}$

здесь  $G(s) = \frac{c}{(s^2 \log(s/\Lambda^2))^2}$  – эффективный формфактор.

### Список литературы

1. Yu. M. Bystritskiy, 2021. Cross section of the process  $e + e^- \rightarrow pp^-$  in the vicinity of charmonium  $\psi(3770)$  including three-gluon and D-meson loop contributions. Phys. Rev. D 103, 116029.

---

Лобанова Э. А.<sup>1</sup>, Стронгин В. С.<sup>1,2</sup>, Анисич А. И.<sup>1</sup>, Терновой Н. К.<sup>1</sup>, Черкасов М. Д.<sup>1</sup>

## ЗАДАЧИ О ПОИСКЕ СОСТОЯНИЯ С МИНИМУМОМ ЭНЕРГИИ КВАНТОВОЙ МОДЕЛИ ИЗИНГА

<sup>1</sup>Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий ИНТПМ ДВФУ

<sup>2</sup>Институт прикладной математики ДВО РАН

<sup>1</sup>Научный руководитель — д. ф. - м. наук, профессор К. В. Нефедев

Самой простой моделью, взаимодействующих спинов, является модель Изинга [1]. Эта модель позволяет рассчитать энергию состояния в зависимости от конфигурации спинов (в классической модели – в зависимости от конфигурации магнитных моментов). На сегодняшний день одной из нерешенных фундаментальных задач теоретической физики является задача поиска минимума энергии [2]. Даже эта с виду простая задача, в случае классической модели, вызывает неимоверные вычислительные трудности.

Всего в классической модели имеется  $2^n$  состояний. Таким образом, чтобы решить задачу на классическом компьютере, то есть описать состояние  $n$  спинов, понадобится больше, чем  $2n$  битов оперативной памяти, а чтобы найти минимум энергии системы, нужно перебрать все конфигурации. Сложность расчета экспоненциально растет с ростом числа частиц. Уже при  $n \geq 50$  классические компьютеры не могут справится с поставленной задачей.

Каждая конфигурация имеет свою энергию и спиновый избыток, которые влияют на термодинамическую вероятность. Усложняет задачу учет внешнего магнитного поля. Классическая система существует только в одном из  $2^n$  состояний. Термодинамические флуктуации есть причина эволюции классической системы в пространстве состояний.

Квантовые системы, обладающие свойством квантовой суперпозиции, представляют возможности квантового параллелизма. В квантовой модели Изинга каждому спину системы поставлен в соответствие 1 кубит (квантовый аналог бита), а вся квантовая система существует одновременно в суперпозиции  $2^n$  состояний. Таким образом, квантовые вычисления могут дать возможность избавиться от прямого перебора.

Предполагается искать решение квантовой модели Изинга на симуляторе Quirk и дальнейшее ее масштабирование на языке Q# или nVidia cuda-quantum. Полученные решения для двух частиц на двухкубитной симуляции (рис.1, рис.2).



Рисунок 1. Решение модели Изинга для двухкубитного случая, где амплитуда вероятности принимает отрицательное или положительное значение в зависимости от характера взаимодействия

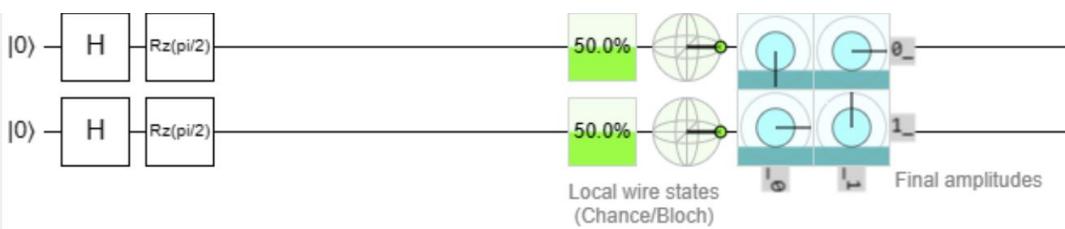


Рисунок 2. Решение антиферромагнитной модели Изинга для двухкубитного случая, где амплитуды антиферромагнитных состояний являются вещественными, а ферромагнитные комплексными

### Список литературы

1. Займан Дж. Принципы теории твёрдого тела. — М.: Мир, 1974. — 472 с.
2. Бэкстер Р. Точно решаемые модели в статистической механике. — М.: Мир, 1985.
3. Онлайн симулятор квантового компьютера. [электронный ресурс] (Дата обращения: 20.12.23) <https://algassert.com/>

Диденко В. В.<sup>1</sup>, Буренин А. В.<sup>2</sup>

## АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ДОПЛЕРОВСКОГО СМЕЩЕНИЯ ЧАСТОТЫ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ В ГИДРОАКУСТИЧЕСКОМ ВОЛНОВОДЕ

<sup>1</sup>Департамент наук о Земле ИМО ДВФУ

<sup>2</sup>Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН

<sup>2</sup>Научный руководитель – к. ф. - м. н., с. н. с. А. В. Буренин

В работе представлено продолжение исследования возможности автокорреляционной методики расчета доплеровского смещения частоты [1, 2]. Целью данной работы является оценка влияния вариаций гидроакустического волновода (ГВ) на точность вычисления доплеровского смещения частоты. Выявлена зависимость оценки доплеровского смещения частоты от значения когерентности гидроакустического волновода [3].

Автокорреляционная методика (АК) базируется на использовании сигнального пакета, включающего в себя не менее двух одинаковых произвольно расположенных в пакете сложных сигналов, автокорреляционная функция (АКФ) каждого из которых имеет один максимум при нулевой сдвиге по времени, а обработка принятого сигнала осуществляется путем «свертки» с самим собой. Временной интервал расчета интеграла АКФ может производиться на временном интервале не меньше двух с половиной длительностей излучаемого сложного сигнала [1, 2]. Данная методика разрабатывалась специально для сигналов, не являющимися устойчивыми к эффекту Доплера, а именно для сигналов, несущая частота которых фазоманипулирована М-последовательностью (такие сигналы еще называют М-последовательностью на несущей). Но принцип действия методики может быть использован для других типов сложных сигналов с «хорошими» автокорреляционными свойствами, например, для линейной частотной модуляции сигнала (ЛЧМ-сигнал).

Эффект Доплера проявляется при движении источника и приемника относительно друг друга и заключается в изменении несущей частоты и длительности сигнала, регистрируемого приемником. Математические соотношения представлены ниже (таблица).

Таблица 1

### Математическое соотношение

частотная область	временная область
$\Delta = f' / f_0 - 1$	$\Delta = T_0 / T' - 1$

В таблице  $f_0$ ,  $T_0$  – несущая частота и длительность излучаемого сигнала;  $f'$ ,  $T'$  – частота и длительность принятого сигнала, измененные эффектом Доплера;  $\Delta = v / C$  – величина, которая выполняет функцию масштабирующего множителя;  $v$  – относительная скорость движения системы источник-приемник и  $C$  – скорость распространения звука.

Экспериментальные исследования по позиционированию проводились 2 и 3 августа 2014 года вблизи мыса Шульц (Морская экспериментальная станция «м. Шульца»). В качестве приемной системы использовался трансивер. В качестве излучателя использовался цилиндрический пьезокерамический излучатель. Характеристики излучателя позволяют работать с широкополосными сигналами на центральной частоте 1,6 кГц. Излучатель был свешен с яхты, которая перемещалась по заданной траектории в течение всего эксперимента. Географические координаты траектории движения регистрировались системой GPS. Для того чтобы точка излучения держалась на одном вертикальном горизонте, излучатель был снабжен подводным крылом. Яхта двигалась по траектории треугольника (на удаление, параллельно приемнику и навстречу приемнику).

Во время работ по позиционированию апробировались три вида сложных сигналов (ЛЧМ-сигнал, фазоманипулированный М-последовательностью гармонический сигнал, частотно-модулированный М-последовательностью сигнал), поэтому яхта прошла по маршруту три раза.

На рисунке (рисунок 1) представлены результаты измерений доплеровского смещения частоты  $f'$ , используя АК подход и данные GPS. Расчет доплеровского смещения АК методикой  $f'_{AK}$  позволил вычислить длительности  $T'$  из АКФ, используя приведенные выше математические соотношения. На рисунке (рисунок 1-а) приведены среднее и среднеквадратичное (СКО) значения для измеренных  $f'_{AK}$ , соответствующих каждому принятому пакету (цветные точки). На рисунке (рисунок 1-а) приведена оценка доплеровского смещения  $f'_{GPS}$ , полученная с помощью GPS данных (черные точки). Среднее значение скорости звука в акватории составило 1480 м/с. На рисунке (рисунок 1-б) изображены средние и СКО нормированные значения амплитуд АКФ (4 значения для каждого пакета)  $A_{AKF}$ . Значения  $A_{AKF}$  расположены в диапазоне [0, 1].

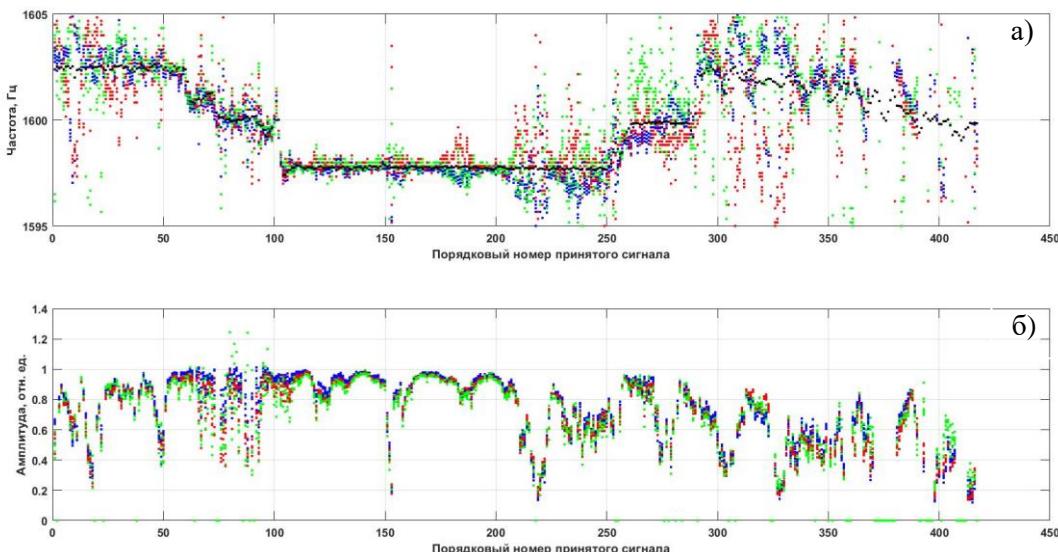


Рисунок 1. Результаты обработки сигнального пакета с помощью методики, представленной в работе, и измерения по системе GPS. Сопоставление результатов измерения частоты  $f$ :

а) акустическая методика  $f'_{AK}$  и данные GPS  $f'_{GPS}$ ;

б) среднее и среднеквадратичное отклонение значений амплитуд АКФ принятых пакетов

Анализ полученных данных показал, что минимальное СКО  $f'_{AK}$  наблюдается при значениях  $A_{AKF} > 0,7$ . Также значения  $f'_{AK}$ , соответствующие  $A_{AKF} > 0,7$ , наиболее близки к  $f'_{GPS}$ . Максимальному

разбросу оценок  $f'_{AK} > 1$  Гц соответствует значение  $A_{AK\Phi}$  меньше примерно 0,5. Также СКО  $f'_{AK}$  и среднее значение  $A_{AK\Phi}$  зависит от отношения сигнала к шуму и характера этого шума, т.е. импульсная помеха, расположенная внутри принятого пакета, увеличивает СКО как для значений  $f'_{AK}$ , так и  $A_{AK\Phi}$ , даже при значении  $A_{AK\Phi}$  близком к 1.

В качестве оценки корректности измеренной АК методом измерения длительности  $T'$  отдельного сложного сигнала в пакете выступает соотношение амплитуд АКФ, значения которых близки к определению временной когерентности [3]. Временная когерентность также лежит в интервале от [0, 1] и является мерой схожести сигналов между собой.

Подводя итог можно заключить, что критерием корректности вычисления доплеровского смещения частоты с помощью АК методики является значение амплитуды, нормированной АКФ. Нормированная АКФ принятого сигнала является аналогом функции временной когерентности. На корректность вычисления доплеровского смещения частоты влияет отношение сигнал-шум и характер шума.

#### *Список литературы*

1. Буренин А.В., Диденко В.В. Оценка доплеровского смещения сложными сигналами в гидроакустическом волноводе // Подводные исследования и робототехника. 2024. № 1 (47). С. 19-30. – DOI: 10.37102/1992-4429\_2024\_47\_01\_02.
2. Способ оценки доплеровского смещения несущей частоты сложного сигнала // Буренин А.В. Патент на изобретение RU 2565237 C1, 20.10.2015. Заявка № 2014132669/07 от 07.08.2014.
3. Yang T.C. Measurements of temporal coherence of sound transmissions through shallow water // JASA. 2006. V.120, №5, P. 2595 –2614.

---

Капитан Д. Ю.<sup>1</sup>, Рыбин А. Е.<sup>1</sup>, Васильев Е. В.<sup>1</sup>, Капитан В. Ю.<sup>1</sup>

### **ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ПОДХОДОВ К ИЗУЧЕНИЮ МОДЕЛЕЙ ФРУСТРИРОВАННЫХ СПИНОВЫХ СТЕКОЛ**

<sup>1</sup>Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий, ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель - д. ф. - м. н., профессор К. В. Нефедев

Несмотря на многолетние интенсивные исследования фрустрированных спиновых стекол, многие задачи о природе явлений в таких моделях до сих пор не решены [1-3]. Спиновые стекла принципиально отличаются от других моделей решеток наличием фрустраций - сильной конкуренции магнитных взаимодействий и беспорядка - замораживания атомов при охлаждении. Благодаря этим ключевым особенностям спиновые стекла обладают большим временем релаксации, неровным энергетическим ландшафтом и макроскопическим вырождением основных состояний. Это приводит к тому, что численное моделирование и тем более аналитическое описание таких систем становится сложной задачей.

В рамках данной работы мы поставили перед собой задачу предоставить более точный и эффективный метод для предсказания основных характеристик фрустрированных систем на примере задачи поиска основных состояний в двумерной модели спинового стекла с периодическими граничными условиями.

В этом исследовании мы сосредоточились на одной из простейших фрустрированных систем - модели Эдвардса – Андерсона, предложенную в 1975 году [4], см рис. 1. В ее основе лежат взаимодействующие между собой спины Изинга, расположенные в узлах квадратной решетки. Эта модель характеризуется фрустрациями, т. е. возникающими сильными конкуренциями между

ферромагнитными и антиферромагнитными взаимодействиями. Взаимодействие  $J_{ij}$  между каждой соседней парой спинов ( $ij$ ) принимает значения +1 или -1, и может меняться случайно при переходе от пары к паре. Гамильтониан для такой системы выглядит следующим образом:

$$E = \sum_{\langle i,j \rangle} J_{ij} S_i S_j - h \sum_i S_i, \quad (1)$$

где  $S_i, S_j$  - спины решетки,

$\langle i,j \rangle$  обозначает суммирование по парам взаимодействующих спинов в системе размером  $N$ ,  $h$  – внешнее магнитное поле, приложенное к решетке.

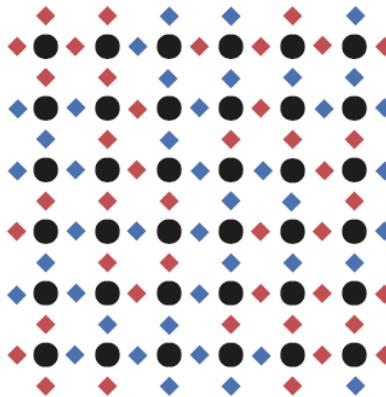


Рисунок 1. Схематическое изображение модели Эдвардса-Андерсона  
с периодическими граничными условиями

В данной работе мы использовали разработанный нейросетевой алгоритм на основе обучения с подкреплением с использованием алгоритма Deep Q-Network (DQN), использующего графовую нейронную сеть (от англ., graph neural network, GNN) в качестве агента.

GNN – это подвид нейронных сетей, созданный для изучения данных с графовой структурой. Графовые нейронные сети имеют ряд преимуществ при исследовании спиновых стекол по сравнению с другими подходами – так, например, они могут отражать пространственную структуру решетки, а также взаимодействие между соседними спинами. Это может позволить исследователям моделировать более комплексные модели спиновых стекол, по сравнению с теми, которые могут быть исследованы традиционными методами среднего поля. Обучение с подкреплением (от англ., reinforcement learning, RL), в последнее время, активно и успешно применяется для решения многих задач в области комбинаторной оптимизации [5-7], а также в области статистической механики [8-9]. Алгоритмы, основанные на обучении с подкреплением, обеспечивают более выгодный компромисс между точностью и эффективностью чем традиционные методы.

В предложенном алгоритме обучения поиск основного состояния представляется как марковский процесс принятия решений (MDP), который состоит из взаимодействия агента с окружающей средой и изучения оптимальной политики, которая последовательно предпринимает дальновидные действия, чтобы получить максимальное вознаграждение.

В рамках этого исследования GNN состоит из входного слоя, двух сверточных слоев и линейного слоя, которые в совокупности позволяют агенту обучаться и принимать решения на основе наблюдаемого состояния. Однако, архитектура сети может меняться, если в дальнейших исследованиях будет найдена более оптимальная структура.

Средой алгоритма обучения с подкреплением является модель спинового стекла Эдвардса-Андерсона. Модель инициализируется путем передачи таких параметров, как  $N$  – (размер модели спинового стекла), массив  $J$  – (сила связи между спинами), спины (конфигурация спинов) и значение

энергии основного состояния. Эти параметры определяют характеристики и динамику спинового стекла, создавая основу для взаимодействия агента RL.

### *Список литературы*

1. Newman C. and Stein D. Ground-state stability and the nature of the spin glass phase // Physical Review E, 105(4):044132, 2022.
2. Chowdhury D. Spin Glasses and Other Frustrated Systems// Princeton University Press - 1987.
3. Diep H. Frustrated Spin Systems // World Scientific - 2013
4. Edwards S. F., Anderson P. W. Theory of spin glasses //Journal of Physics F: Metal Physics – T. 5. – №. 5. – С. 965. – 1975.
5. Li, Z., Chen, Q., Koltun, V. Combinatorial optimization with graph convolutional networks and guided tree search // Advances in Neural Information Processing Systems. 2018, с. 539—548.
6. Fan, C., Zeng, L., Sun, Y., Liu, Y.-Y. Finding key players in complex networks through deep reinforcement learning // Nature Machine Intelligence 2 (2020), с. 317—324.
7. Nazari, M., Oroojlooy, A., Snyder, L., Tak'ac, M. Reinforcement learning for solving the vehicle routing problem // Advances in Neural Information Processing Systems. 2018, 9839—9849.
8. Wu, D., Wang, L., Zhang, P. Solving statistical mechanics using variational autoregressive networks // Phys.Rev.Lett. 122 (2019).
9. Mills, K., Ronagh, P., Tamblyn, I. Finding the ground state of spin hamiltonians with reinforcement learning // Nature Machine Intelligence 2 (2020), 509—517.

---

Лобанова Э. А.<sup>1</sup>, Стронгин В. С.<sup>1,2</sup>, Анисич А. И.<sup>1</sup>, Терновой Н. К.<sup>1</sup>, Черкасов М. Д.<sup>1</sup>

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИЙ ВЕРШИН РЕШЁТКИ АПАМЕЯ ДЛЯ СПИНОВОГО ЛЬДА**

<sup>1</sup>Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий ИНТПМ ДВФУ

<sup>2</sup>Институт прикладной математики ДВО РАН

<sup>1</sup>Научный руководитель - к. ф. - м. н., Ю. А. Шевченко

В середине прошлого века было замечено сходство решётки пирохлора с решёткой водяного льда [1]. Подобные ей антиферромагнитные наносистемы спинов Изинга были названы «спиновый лёд» [2]. Были исследованы XMCD-снимки созданного литографически спинового льда на решётке Апамея (рисунок 1а, 1б). По 100 штук на каждую температуру в диапазоне от 240К до 290К с шагом в 10К. На рисунке 1с перечислены в порядке увеличения энергии все типы вершин решётки, а также указаны относительные энергии. Энергия вершины считается по формуле:

$$E = \sum_{} \left( \frac{(\vec{m}_i \cdot \vec{m}_j)}{|\vec{r}_{ij}|^3} - 3 \frac{(\vec{m}_i \cdot \vec{r}_{ij})(\vec{m}_j \cdot \vec{r}_{ij})}{|\vec{r}_{ij}|^5} \right), \quad (1)$$

где  $< i, j >$  означает суммирование по всем уникальным парам спинов, находящихся около данной вершины,

$\vec{m}_i$  и  $\vec{m}_j$  – их магнитные моменты,

$\vec{r}_{ij}$  – расстояние между ними.

Было вычислено, что для типов alpha, beta и a, b число высокоэнергетических конфигураций вершин падает с уменьшением температуры (рисунок 2). Но у вершин с тремя и четырьмя прилегающими частицами близкие по энергии типы сменяют друг друга в диапазоне температур с 250К до 290К.

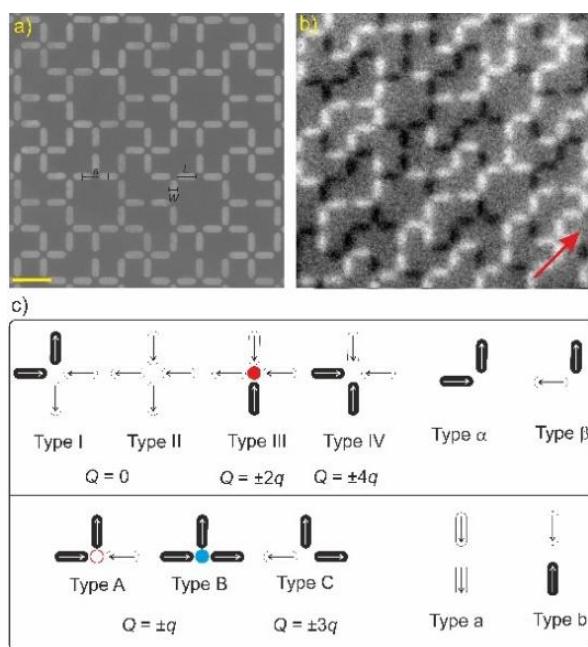


Рисунок 1. Вершины решётки Апамея: а) изображение сканирующей электронной микроскопии решетки Апамея, состоящей из наномагнитов с длиной  $L = 360$  нм, шириной  $W = 120$  нм и толщиной  $d = 2,6$  нм, с параметром решетки  $a = 500$  нм. Желтая масштабная линейка указывает на длину 600 нм; б) XMCD-изображение конфигурации низкоэнергетического момента, полученное после термического отжига; в) типы вершин при двух-, трех- и четырех наномагнитных рёбрах

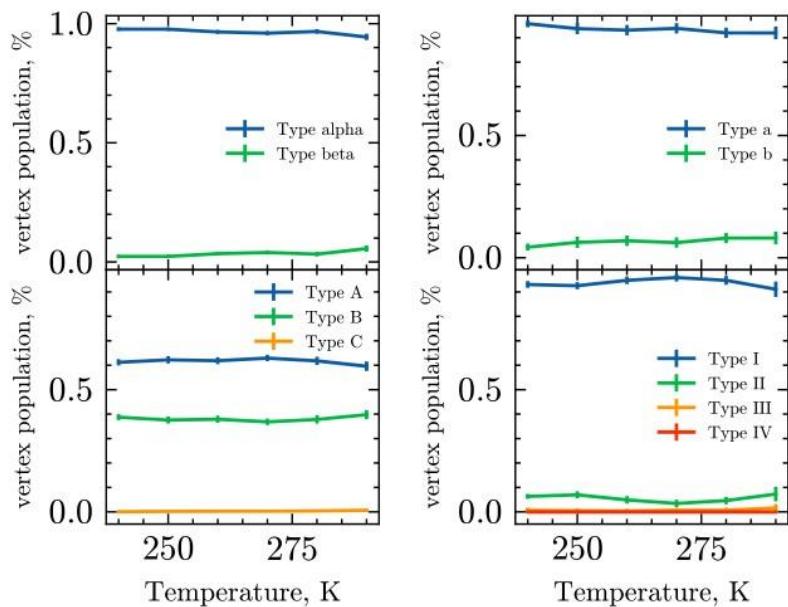


Рисунок 2. Населённости типов вершин в зависимости от температуры

#### *Список литературы*

- Anderson P. W. Ordering and antiferromagnetism in ferries // Physical Review. — 1956. — Vol. 102, no. 4. — P. 1008.
- Geometrical Frustration in the Ferromagnetic Pyrochlore  $\text{Ho}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$  / M. J. Harris [et al.] // Physical Review Letters. — 1997. — Vol. 79, issue 13. — P. 2554–2557.
- Saccone, M., Caravelli, F., Hofhuis, K. et al. Real-space observation of ergodicity transitions in artificial spin ice. Nat Commun 14, 5674 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41235-4>

Муштук П. С.<sup>1</sup>

## ОСЦИЛЛИРУЮЩИЙ ХАРАКТЕР ЭНЕРГИИ МАГНИТОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПИИ В ПЛЕНКАХ ГРАФЕН/СоД

<sup>1</sup>Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий ИНТПМ ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель - к. ф. - м. н., доцент Ильюшин И. Г.

Для создания устройств магниторезистивной памяти следующего поколения на основе переноса спинового момента необходимы ферромагнитные материалы с перпендикулярной магнитной анизотропией (ПМА) [1]. Наиболее распространенным методом, для индуцирования ПМА в слоях переходных металлов является добавление в систему слоев тяжелых металлов, таких как палладий или платина. Другой подход – использовать вместо тяжелых металлов графен. Графен является двухмерным материалом с высокой степенью спиновой поляризации [2], что также можно использовать в устройствах на основе эффекта переноса спинового момента. В данной работе при помощи методов моделирования из первых принципов проведено исследование зависимости энергии перпендикулярной магнитокристаллической анизотропии в пленках графен/кобальт от толщины кобальта.

Исследуемая система представляет собой  $n$  слоев кобальта на графене,  $n$  варьируется от 1 до 11. Кобальт имеет гранецентрированную кубическую решётку в направлении плоскости (111). Параметр кристаллической решетки суперячейки  $a = 2.47 \text{ \AA}$ . Стоит отметить, что параметры кристаллической решетки для графена и г. ц. к. кобальта в направлении (111) практически совпадают [3] ( $2.46 \text{ \AA}$  для графена,  $2.47 \text{ \AA}$  для кобальта). Сверху системы было добавлено  $15 \text{ \AA}$  вакуума для, того, чтобы смоделировать поверхностные эффекты.

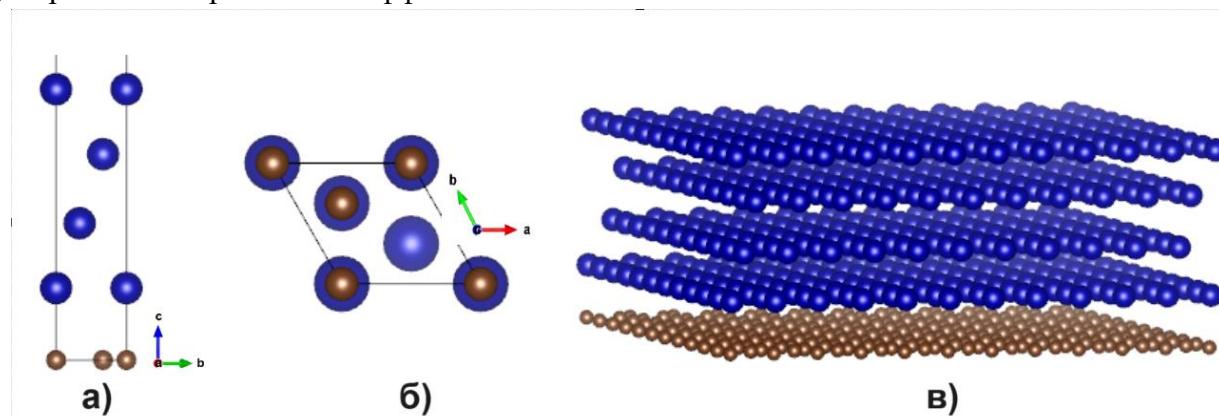


Рисунок 1. Изображение кристаллической структуры пленки графен/СоД с 4 слоями кобальта:

(а) – вид суперячейки вдоль оси b; б) – вид суперячейки сверху, в) - перспектива

Расчеты из первых принципов проводились с помощью программного пакета VASP (Vienna ab-initio Simulation Package) [4]. Обменно-корреляционная энергия задавалась в приближении обобщенных градиентов (General gradient approximation - GGA) в формулировке Пердью, Бурка и Эрнзерхова (Perdew, Burke and Ernzerhof – PBE) [5]. Энергия отсечки плоских волн псевдоволновых функций составляла 550 эВ. Интегрирование по зоне Бриллюэна проводилось с центром в точке Гамма с применением схемы разбиения Монхорст-Пака. Для релаксации структуры использовалась сетка значений вектора  $\mathbf{k}$   $11 \times 11 \times 1$ , для расчета магнитных свойств –  $47 \times 47 \times 1$ . Релаксация положения атомов в кристалле проводилась до тех пор, пока силы, действующие на атомы, не становились менее чем  $10^{-5} \text{ эВ/А}$ .

$E_{\text{МКА}} = \sum_i^{occ} \epsilon_i^{\parallel} - \sum_i^{occ} \epsilon_i^{\perp}$  Для расчета энергии магнитокристаллической анизотропии (МКА) использовался подход теоремы силы [6]. При этом подходе энергия МКА определяется, как разница

энергий всех занятых электронных состояний с разным направлением спина (относительно плоскости пленки).

$$E_{\text{MKA}} = \sum_i^{\text{occ}} \epsilon_i^{\parallel} - \sum_i^{\text{occ}} \epsilon_i^{\perp}$$

Расчеты представлены на Рис. 2. Положительность знака  $E_{\text{MKA}}$  указывает на то, что ось магнитной кристаллографической анизотропии направлена перпендикулярно плоскости пленки. На графике виден осциллирующей характер зависимости энергии МКА от толщины кобальта. Такой характер энергии МКА раньше находился в структурах Pd/Co, Pt/Co [7].

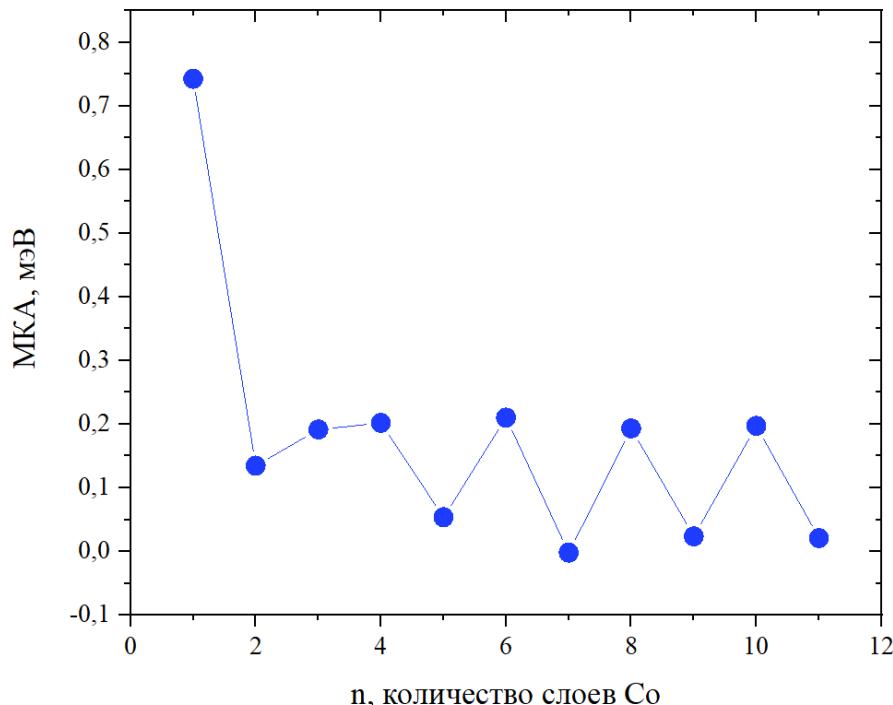


Рисунок 2. Зависимость значения энергии магнитокристаллической анизотропии  $E_{\text{MKA}}$  от количества слоев кобальта

#### *Список литературы*

1. J.C. Slonczewski, Current-driven excitation of magnetic multilayers // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 1996. Vol. 159.
2. D. Marchenko, A. Varykhalov, J. Sánchez-Barriga, O. Rader, C. Carbone, and G. Bihlmayer, Highly spin-polarized Dirac fermions at the graphene/Co interface // Physical Review B. 2015. Vol. 91.
3. T. Ohta, A. Bostwick, T. Seyller, K. Horn, and E. Rotenberg, Controlling the Electronic Structure of Bilayer Graphene // Science, 2006. Vol. 313, P.951-954
4. Kresse G., Furthmüller J. Efficiency of ab-initio total energy calculations for metals and semiconductors using a plane-wave basis set //Computational materials science. 1996. Vol. 6. P.15-50.
5. Perdew J. P., Burke K., Ernzerhof M. Generalized Gradient Approximation Made Simple //Physical Review Letters. 1996. Vol. 77. P.3865-3868
6. M. Weinert, R. E. Watson, and J.W. Davenport, Total-energy differences and eigenvalue sums // Physical Review B. 1985. Vol.32. P.2115-2119.
7. M. Cinal, Magnetic anisotropy and orbital magnetic moment in Co films and Co/X bilayers (X=Pd and Pt) // Physical Review B. 2022. Vol.105

Пак К. Р.<sup>1</sup>

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СТРУНЫ КХД ВБЛИЗИ КАЗИМИРОВСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

<sup>1</sup>Департамент общей и экспериментальной физики ИНТИПМ ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель – д. ф. - м. н., профессор А. В. Молочков

Для сильного взаимодействия, лагранжиан нелинеен и не имеет точного решения. Однако, в теории, описывающей сильные взаимодействия между частицами, называемой квантовой хромодинамикой (КХД), решение лагранжиана может быть найдено с помощью численного моделирования. Для этого используются методы решеточной КХД, разработанные Вилсоном [1]. Применяя интегралы по траекториям, переход Вика и статистическую механику удалось свести значения физических величин КХД к средним наблюдаемым по конфигурациям.

Рассмотрим пару кварк – антикварк, КХД говорит о том, что между ними должно присутствовать взаимодействие. Если медленно отдалять кварки друг от друга, возникает трубка, состоящая из хромоэлектрических полей, связывающая их, также ее называют струной. При достаточном отдалении кварков друг от друга струна может порваться. Рассмотрим уединенный кварк, находящийся около хромометалического зеркала в виде двумерной пластины, в случае КХД это зеркало можно считать поверхностью Казимира. В этом зеркале создается образ кварка. Приближаясь к зеркалу, кварк также приближается к своему образу. При достаточном расстоянии между кварком и его образом возникает струна. То есть поле кварка замыкается на пластине, такое состояние называется кваркитоном [2].

Основными задачами исследования являются изучение поведения компонентов хромоэлектрического поля между кварком и антикварком, при нахождении этой системы около Казимировской поверхности, представляющей собой, двумерную пластинку и изучение образования кваркитона. В данной работе исследование проводилось двумя разными методами. В первом методе были рассчитаны значения квадратов компонент хромоэлектрического поля (1), что дает понимание о величине модуля компоненты, но не позволяет узнать направление поля [3].

$$\langle E_i^2(\mathbf{r}) \rangle = \langle P(\mathbf{r})_{0i} \rangle - \frac{\langle W(r_1, r_2, T) P(\mathbf{r})_{0i} \rangle}{\langle W(r_1, r_2, T) \rangle} \quad (1)$$

Здесь  $P_{0i}$  – плакет, взятый по временному и  $i$ -ому пространственному направлению,  
 $W$  – петля Вилсона.

Этот метод также позволяет рассматривать значения поля в любой пространственной точке решетки. Второй же метод считает компоненты поля (2), и в итоге мы можем узнать его направление, но из-за специфики метода значения поля можно рассчитать лишь в направлениях, перпендикулярных отрезку, связывающему кварк и антикварк [4].

$$\rho_{P,\mu\nu}^{\text{conn}} = \frac{\langle \text{tr}(P(x) L U_P L^\dagger) \text{tr} P^\dagger(y) \rangle}{\langle \text{tr}(P(x)) \text{tr}(P^\dagger(y)) \rangle} - \frac{1}{3} \frac{\langle \text{tr}(P(x)) \text{tr}(P^\dagger(y)) \text{tr}(U_P) \rangle}{\langle \text{tr}(P(x)) \text{tr}(P^\dagger(y)) \rangle} \quad (2)$$

Здесь  $P$  – петля Полякова,

$L$  – линия Швингера,

$U_P$  – плакет взятый по направлениям  $\mu$  и  $\nu$ ,

$p_{P,\mu\nu}^{\text{conn}}$  – величина пропорциональная компоненте силового тензора поля.

Размер рассматриваемой решетки  $24^4$ . Пара кварков расположена вдоль оси Y. Пластина находится в плоскости YZ. В результате численного моделирования были получены распределения полей около пластины (рис. 1) и на удалении (рис. 2). Данные распределения позволяют сказать, что струна при подходе к пластине становится слабее. Рассчитав значения компонент поля (рис. 3), можно также говорить об ослаблении струны, также становится видным появление x-ой компоненты поля, что говорит об изгибе струны между кварками и указывает на то, что возможно численно зафиксировать состояние кваркитона.

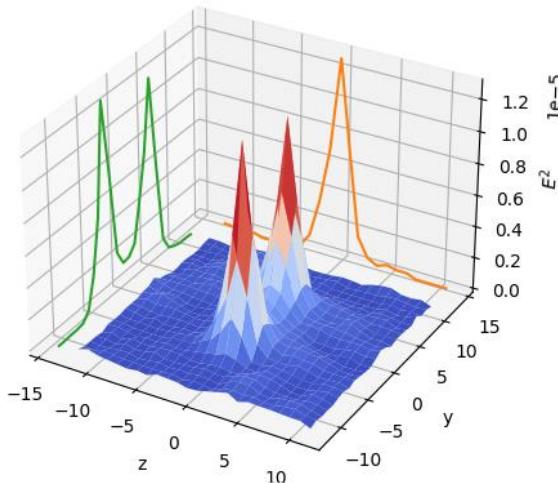


Рис. 1. Распределение поля в плоскости ZY,  
расстояние до пластины 1

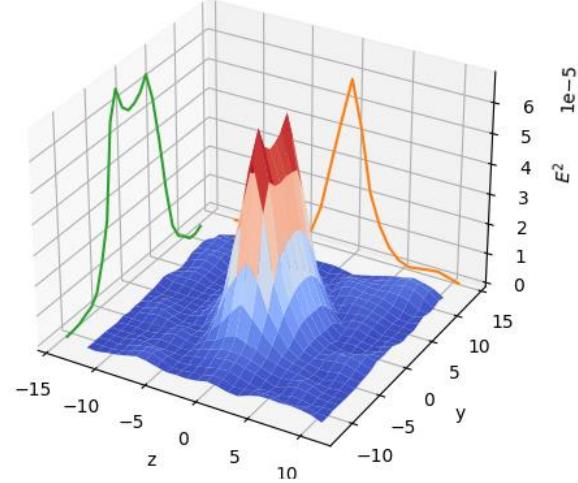


Рис. 2. Распределение поля в плоскости  
ZY, расстояние до пластины 5

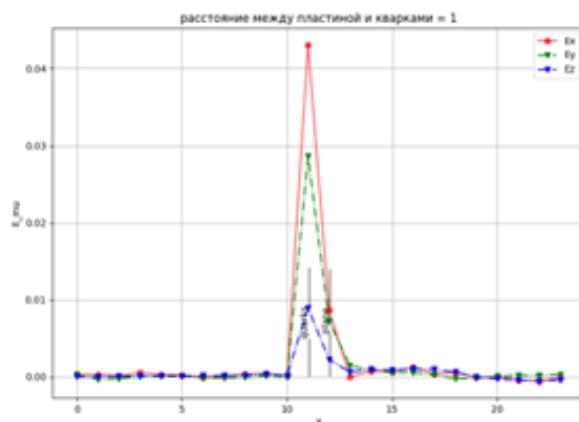


Рис. 3. Значение компонент поля в зависимости от расстояния до пластины

Выполнено в рамках гос. задания Минобрнауки России №FZNS-2024-0002.

#### Список литературы

1. K. G. Wilson, Confinement of Quarks // Phys.Rev.- 1974, Pages 2445–2459.
2. Танашкин А. С. Влияние нетривиальной топологии на вакуумы решеточных калибровочных теорий и спиновых систем: дис. .... канд. физ.-мат. наук 1.3.3/ Танашкин А. С. – Владивосток, 2023. – 121c.
3. N. Cardoso, M. Cardoso, P. Bicudo, Colour field flux tubes and Casimir scaling for various SU (3) representations // Physics Letters B.- 2012, Volume 710, Issue 2, Pages 343-348
4. P. Cea , L. Cosmai, F. Cuteri, A. Papa, QCD flux tubes across the deconfinement phase transition // EPJ Web Conf.- 2018, Volume 175

Починок А. С.<sup>1</sup>, Гой В. А.<sup>2</sup>

## ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ КОНСТАНТ СВЯЗИ В АНИЗОТРОПНОЙ РЕШЕТОЧНОЙ МОДЕЛИ

<sup>1</sup>Институт наукоемких технологий и передовых материалов ДВФУ

<sup>2</sup>Школа медицины и наук о жизни ДВФУ

<sup>3</sup>Université de Tours, France

<sup>2</sup>Научный руководитель – д. ф. - м. н., профессор А. В. Молочков

<sup>3</sup>Научный руководитель – Senior Researcher, M. N. Chernodub

В настоящее время изучение состояния ранней Вселенной, в том числе кварк-глюонной плазмы, является одной из самых передовых задач современной физики. Для этой области часто требуется использование нестандартных подходов в решеточных вычислениях, например, использование асимметричных решеточных моделей.

В данной работе представлено вычисление констант связи пространственно-временной решетки, обладающей анизотропией в одном из четырех выделенных направлениях.

В пределе континуума физические величины в несимметричных решетках с разными периодами в пространственном ( $a_\sigma$ ) и временном ( $a_\tau$ ) направлениях должны быть независимы от фактора анизотропии  $\xi = a_\sigma/a_\tau$ . Для этого в решеточном действии необходимо ввести две константы связи [1, 2]:

$$S = \beta_\sigma \sum_x \sum_{i>j=1}^3 P_{x,ij} + \beta_\tau \sum_x \sum_{i=1}^3 P_{x,4i}, \quad (1)$$

где  $P_{x,\mu\nu}$  – плакетная переменная,  $\beta_\sigma$  и  $\beta_\tau$  пространственная и временная константы связи, которые параметризуются как

$$\beta_\sigma = \frac{1}{g_\sigma^2(a, \xi) \xi}, \quad \beta_\tau = \frac{\xi}{g_\tau^2(a, \xi)}. \quad (2)$$

В симметричном случае  $\xi = 1$ , теория сводится к евклидовой формулировке  $g_\sigma^{-2}(a, 1) = g_\tau^{-2}(a, 1) = g_E^{-2}(a)$ , при этом

$$\beta_\sigma(a, 1) = \beta_\tau(a, 1) = \frac{\beta}{6} = \frac{1}{g_E^2(a)}, \quad (3)$$

где  $a$  – шаг решетки,  $\beta$  – константа связи Евклидовой решетки.

Для ассиметричной решетки  $\xi \neq 1$ , тогда равенство (3) нарушается. Однако, в пределе слабой связи, коэффициенты  $g_{\sigma;\tau}^{-2}$  можно разложить по симметричному значению  $g_E^{-2}$ :

$$\frac{1}{g_\sigma^2(a, \xi)} = \frac{1}{g_E^2(a)} + c_\sigma(\xi) + O(g_E^3), \quad (4a)$$

$$\frac{1}{g_\tau^2(a, \xi)} = \frac{1}{g_E^2(a)} + c_\tau(\xi) + O(g_E^3). \quad (4b)$$

В уравнениях (4 a, b) пренебрегается слагаемым  $O(g_E^3)$ , согласно подходу в работе [1], а коэффициенты  $c_\sigma(\xi)$  и  $c_\tau(\xi)$  вычисляются:

$$c_\sigma(\xi) = 4N \left[ \frac{N^2 - 1}{24N^2} \left\{ I_1(\xi) - \frac{3}{4} \right\} - \frac{5}{288} I_{2a}(\xi) + \frac{1}{48} I_3(\xi) + \frac{1}{128} I_4(\xi) + \frac{11}{12} FIN(\xi) + 0.010245 \right], \quad (5a)$$

$$c_\tau(\xi) = 4N \left[ \frac{N^2 - 1}{16N^2} \left\{ \frac{1}{3\xi^2} I_1(\xi) + \frac{1}{\xi} I_5(\xi) - \frac{1}{2} \right\} + \frac{1}{64} I_{2b}(\xi) - \frac{5}{576} I_{2a}(\xi) + \frac{1}{256\xi^2} I_4(\xi) - \frac{1}{48\xi^2} I_6(\xi) - \frac{1}{192\xi^2} I_7(\xi) + \frac{11}{12} FIN(\xi) + 0.010245 \right], \quad (5b)$$

Интегралы  $I_1(\xi) - I_7(\xi)$  в формулах (5a) и (5b) приводятся в работах [1, 2], а  $FIN(\xi)$  является разностью расходящихся интегралов  $FIN(\xi) = DIV(\xi) - DIV(1)$ :

$$DIV(\xi) = (2\pi)^{-4} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} d^3x \int_{-\pi\xi/2}^{\pi\xi/2} dx_4 \left( \sum_{i=1}^3 \sin^2 x_i + \xi^2 \sin^2(x_4/\xi) \right)^{-2}. \quad (6)$$

Пространственные и временные константы связи анизотропной решетки были вычислены для  $\beta$  5.6924 - 6.5, аналогично работе [3], в диапазоне  $\xi$  0.9 - 1.1 с шагом 0.01. Результат представлен на Рис. 1.

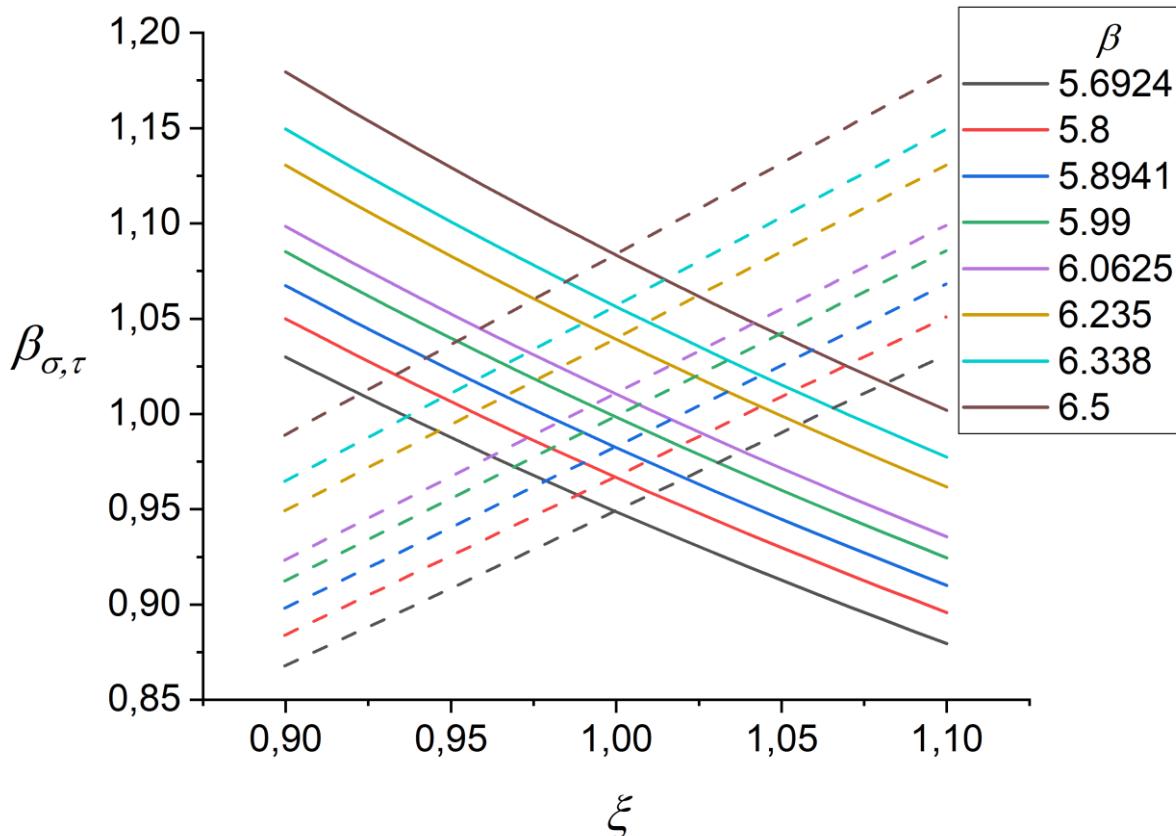


Рисунок 1. Распределение пространственных и временных констант связи асимметричной решетки (сплошная линия -  $\beta_\sigma$ , пунктирная линия -  $\beta_\tau$ )

#### Список литературы

1. Karsch F. SU (N) gauge theory couplings on asymmetric lattices //Nuclear Physics B. – 1982. – Т. 205. – №. 2. – С. 285-300.
2. Hasenfratz A., Hasenfratz P. The scales of Euclidean and Hamiltonian lattice QCD //Nuclear Physics B. – 1981. – Т. 193. – №. 1. – С. 210-220.
3. Athenodorou A., Teper M. The glueball spectrum of SU (3) gauge theory in 3+ 1 dimensions //Journal of High Energy Physics. – 2020. – Т. 2020. – №. 11. – С. 1-77.

Прохоров Е. И.<sup>1</sup>, Нефедев К. В.<sup>1</sup>

## ПОИСК ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ ФРУСТРИРОВАННОЙ МОДЕЛИ ИЗИНГА МЕТОДОМ ДЕКОМПОЗИЦИИ

<sup>1</sup>Институт наукоёмких технологий и передовых материалов ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель – д. ф. - м. н., профессор К. В. Нефедев

Модель Изинга – это модель в статистической физике, описывающая поведение магнетиков в кристаллической решётке, учитывая взаимодействие и ориентацию спинов. Каждой вершине такой решётки ставится однокомпонентный вектор (спин). Компонента принимает значение +1 или -1 [1]. Полная энергия такой решётки будет определяться по формуле:

$$E = - \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N J_{ij} \vec{S}_i \vec{S}_j, \quad (1)$$

где  $S$  – спин,  $J_{ij}$  – энергия взаимодействия пары спинов.

Поиск основного состояния (состояния с минимальной энергией) модели Изинга методом полного перебора является затруднительным с точки зрения вычислений. Для системы, состоящей из  $N$  атомов число возможных состояний равно  $2^N$ . Из-за экспоненциального роста, при  $N > 40$  решение методом исчерпывающего перечисления является практически невозможным.

Расчёты, проведённые на небольших системах ( $N < 40$ ), показали, что в некоторых случаях систему в основном состоянии можно разделить на несколько подсистем, которые в свою очередь тоже будут находиться в основных состояниях. На рисунке 1 приведён пример двумерной, состоящей из 24 атомов, модели Изинга в основном состоянии с учётом периодических граничных условий. Стрелками обозначены магнитный моменты атомов ( $\vec{m}$ ).

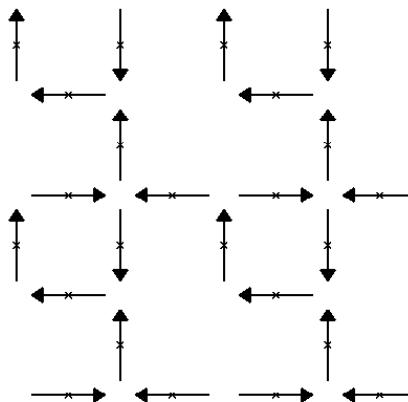


Рисунок 1. Основное состояние двумерной модели Изинга

Взаимодействие в системе диполь-дипольное, энергия взаимодействия  $ij$ -пары находится по формуле:

$$E_{ij} = \frac{(\vec{m}_i \vec{m}_j)}{\vec{r}_{ij}^3} - 3 \frac{(\vec{m}_i \vec{r}_{ij})(\vec{m}_j \vec{r}_{ij})}{\vec{r}_{ij}^5}, \quad (2)$$

где  $i, j$  – номера взаимодействующих диполей,

$\vec{r}_{ij}$  – вектор между центрами магнитных моментов взаимодействующих диполей.

Данную систему можно разбить на четыре одинаковых подсистемы (рисунок 2) по 6 атомов, причём при разбиении, состояние в котором они находятся, также будет для них основным.

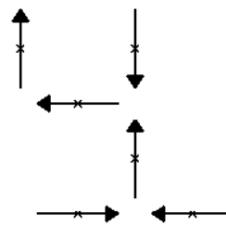


Рисунок 2. Основное состояние подсистемы

Таким образом, для определения основного состояния системы, конкретно в этом случае, необходимо найти лишь основное состояние одной подсистемы и после этого составить большую систему, что уменьшает перебор вариантов в 262144 раза.

Существует пример другой системы (рисунок 3), основное состояние которой можно получить методом декомпозиции из основных состояний подсистем. Так как основное состояние является вырожденным, примечательно что в данном случае минимум энергии системы достигается, когда основные состояния подсистем отличаются, причём расположены они в шахматном порядке.

В дальнейшем планируется решение задач на поиск минимума энергии в других решётках диполей методом декомпозиции.

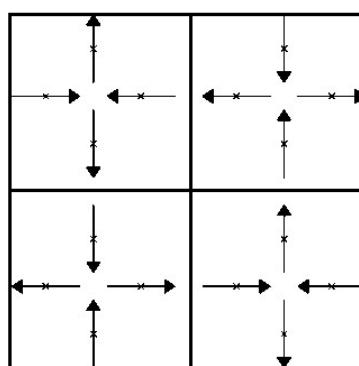


Рисунок 3. Основное состояние модели Изинга, имеющее шахматную форму

#### *Список литературы*

1. Несис Е.И. Модель Изинга и фазовые переходы второго рода. – Ставрополь, 1967 – 111с.

---

Саенко В. А.<sup>2</sup>, Ширмовский С. Э.<sup>1</sup>, Шульга Д. В.<sup>2</sup>

## ИССЛЕДОВАНИЕ КВАНТОВЫХ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В МИКРОТРУБОЧКЕ КЛЕТКИ

<sup>1</sup>Департамент информационной безопасности ИМКТ ДВФУ

<sup>2</sup>Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий ИНТиПМ ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель – к. ф. - м. н., доцент Ширмовский С. Э.

В работе проведено квантово-механическое исследование динамики системы молекул тубулина микротрубочки клетки. Тубулины рассматриваются как двухуровневые псевдо- спиновые системы с одним из двух возможных поляризованных состояний. Окружение моделируется как система невзаимодействующих осцилляторов - бозонов.

Для описания динамики квантовой системы, использовалась система уравнений, полученная на основе подхода Борна - Маркова [1]:

$$\begin{aligned}
 \frac{dP_x^{(n)}}{dt} &= -\frac{2}{\hbar} \left( \beta_n - \frac{2}{\hbar} \sum_{k \neq n} \mathbf{B}^{(k)} \cdot \mathbf{P}^{(k)}(t) \right) P_y^{(n)}(t) - \\
 &\quad - \frac{4}{\hbar^2} A_z^{(n)} P_x^{(n)} + \frac{4}{\hbar^2} A_x^{(n)} P_z^{(n)} + \frac{4}{\hbar^2} B_y^{(n)}, \\
 \frac{dP_y^{(n)}}{dt} &= \frac{2}{\hbar} \left( \beta_n - \frac{2}{\hbar} \sum_{k \neq n} \mathbf{B}^{(k)} \cdot \mathbf{P}^{(k)}(t) \right) P_x^{(n)}(t) - \\
 &\quad - \frac{4}{\hbar^2} A_z^{(n)} P_y^{(n)} + \left( \frac{4}{\hbar^2} A_y^{(n)} - \frac{2}{\hbar} \alpha_n \right) P_z^{(n)} - \frac{4}{\hbar^2} B_x^{(n)}, \\
 \frac{dP_z^{(n)}}{dt} &= \frac{2}{\hbar} \alpha_n P_y^{(n)}(t),
 \end{aligned} \tag{1}$$

Описание динамики квантовой системы проведено в пре-Марковском и Марковском приближении. На левом рисунке представлена динамика вектора поляризации в Марковском приближении. На правом рисунке в пре-Марковском подходе.

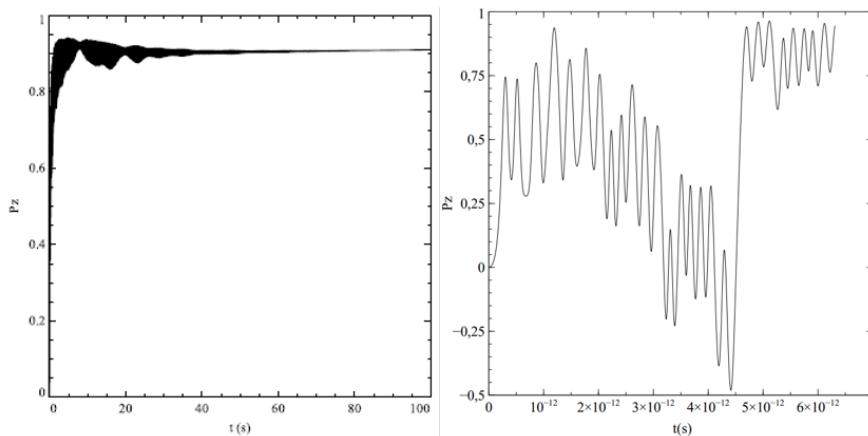


Рисунок 1. Зависимость Рz от времени t

#### *Список литературы*

1. Shirmovsky, S. Eh., Shulga, D. V., 2021. Quantum relaxation effects in Microtubules. Phys. A 582, 126254.

Степанов Д. В.<sup>1</sup>

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА ОПЕРАТОРА ДИРАКА В ДВУХ ФАЗАХ МАТЕРИИ**

<sup>1</sup> Кафедра общей и экспериментальной физики ИНТИПМ ДВФУ

<sup>1</sup> Научный руководитель - к. ф. - м. н., в. н. с. В. А. Гой

Фундаментальное строение Вселенной основано на двух типах частиц: фермионах и бозонах. В 1928 году Поль Дирак вывел релятивистское волновое уравнение, описывающее частицы со спином  $1/2$ . Уравнение Дирака имеет следующий вид:

$$\left( mc^2 \alpha_0 + c \sum_{j=1}^3 \alpha_j p_j \right) \psi(\mathbf{x}, t) = i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t}(\mathbf{x}, t), \quad (1)$$

Представляя волновую функцию в виде  $\psi(\mathbf{x}, t) = \psi_0(\mathbf{x})e^{-iEt/\hbar}$  и решая стационарное уравнение:

$$H\psi_0(\mathbf{x}) = E\psi_0(\mathbf{x}), \quad (2)$$

где  $H = mc^2 \alpha_0 + c \sum_{j=1}^3 \alpha_j p_j$ , можно получить энергетический спектр решений уравнения Дирака:

$$E_{\pm}(p) = \pm \sqrt{(mc^2)^2 + (pc)^2} \quad (3)$$

Уравнение Дирака используется для описания динамики夸克ов в теории сильного взаимодействия (квантовая хромодинамика – КХД), которая основана на локальной группе симметрии SU(3). Аналитическое решение в области сильной константы связи построить не получается, поэтому применяются численные методы исследования для изучения таких систем. Одним из таких методов является решеточная регуляризация квантовой теории поля. В данном формализме вводится дискретный Вильсоновский оператор Дирака [1], который имеет следующий вид:

где  $\alpha, \beta$  – Дираковские индексы,  $a, b$  – цветовые индексы,  $n, m$  – пространство-временные

$$D(n|m)_{\alpha\beta} = (m+d)\delta_{\alpha,\beta}\delta_{a,b}\delta_{n,m} - \sum_{\mu=\pm 1}^{\pm 4} \frac{1}{2} \left[ (1-\gamma_\mu)_{\alpha\beta} U_\mu(n)_a{}^b \delta_{n+\hat{\mu},m} + (1+\gamma_\mu)_{\alpha\beta} U_\mu(n-\hat{\mu})^\dagger_a{}^b \delta_{n-\hat{\mu},m} \right] \quad (4)$$

координаты,  $U_\mu(n)$  – линковая переменная. Линковая переменная связана с 4-потенциалом поля [2] и имеет вид:

$$U_\nu(n) = e^{ia A_\nu(n)}, \quad (5)$$

где  $a$  – длина ребра решетки,  $A_\nu(n)$  – 4-потенциал.

На решетке  $8 * 32$  были найдены спектры собственных значений Вильсоновского оператора Дирака для случая свободных фермионов (линковые переменные  $U_\mu(n) = 1$ ) (рис.1), для случая фазы конфайнмента (рис. 2) и деконфайнмента (рис. 3).

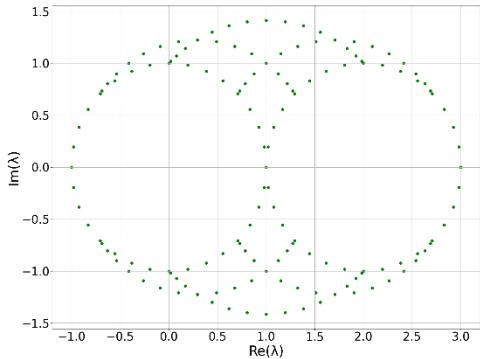


Рисунок 1. Спектр собственных значений для случая свободных фермионов

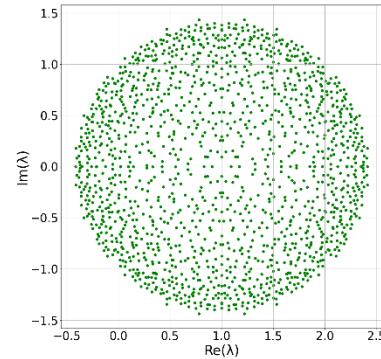


Рисунок 2. Спектр собственных значений при  $\beta = 0.1$

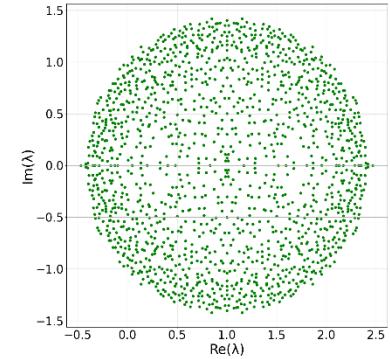


Рисунок 3. Спектр собственных значений при  $\beta = 100$

Изображение спектра собственных значений оператора Дирака для фазы конфайнмента (рис. 2) и деконфайнмента (рис. 3) представлено в виде круга с определенной внутренней структурой. Для выявления существования зависимости внутренней структуры от фазы была построена плотность распределения собственных значений для 50 линковых конфигураций при  $\beta = 100$  (рис. 4) и  $\beta = 0.1$

(рис. 5). В результате было обнаружено, что внутренние структуры при разных значениях  $\beta$  не отличаются.

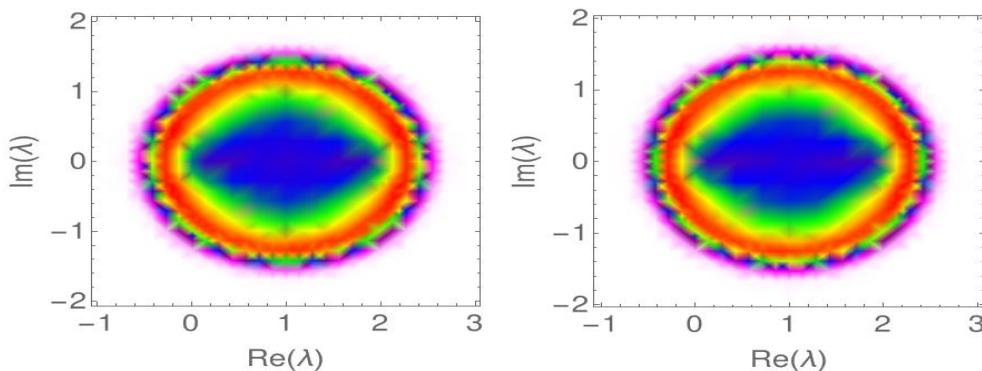


Рисунок 4. Плотность распределения собственных значений при  $\beta = 0.1$

Рисунок 5. Плотность распределения собственных значений при  $\beta = 100$

Также были получены спектры собственных значений оператора Дирака в пределах сильной и слабой связи. В результате анализа плотности распределения спектра собственных значений было выявлено, что при малом значении константы связи спектр приобретает схожий вид со спектром для случая свободных фермионов.

В рамках решеточной калибровочной теории «1+1» на решётке размерами  $8 * 32$  с помощью численного моделирования были произведены расчеты спектра собственных значений Вильсоновского оператора Дирака при фазах конфайнмента и деконфайнмента, а также в пределе сильной и слабой связи. В результате анализа полученных данных было выявлено, что спектр собственных значений оператора Дирака не различает фазы конфайнмент/деконфайнмент и чувствует изменение константы связи.

*Выполнено в рамках гос. задания Минобрнауки России №FZNS-2024-0002.*

#### *Список литературы*

1. Smit, J. Introduction to Quantum Fields on a Lattice / J. Smit – Cambridge university press, 2003. – 271 с
2. Gatringer, C. Quantum Chromodynamics on the Lattice / C. Gatringer, C. B. Lang. – Springer, 2010. – 343 с

---

Терновой Н. К.<sup>1</sup>, Лобанова Э. А.<sup>1</sup> Черкасов М. Д.<sup>1</sup>, Стронгин В. С.<sup>1</sup> Анисич А. И.<sup>1</sup>

#### **ЭНЕРГИЯ ДИПОЛЬНОГО ВЗАЙМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ МАГНИТНЫМИ МОМЕНТАМИ НАНОЧАСТИЦ МАКРОСПИНОВОГО ЛЬДА НА РЕШЕТКЕ АПОМЕЯ**

<sup>1</sup>Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий ИНТиПМ ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель – д. ф. - м. н., К. В. Нефедев

Искусственный спиновый лед [1] — метаматериал, состоящий из ферромагнитных однодоменных наночастиц вытянутой формы, закреплённых на плоскости. Магнитный момент наноостровка состоит из множества спинов, поэтому называется суперспином или макроспином. За счёт ограничений, накладываемых на объем магнитного материала и вытянутую форму наноостровка, магнитные моменты атомов в наночастице согласованы (когерентны) между собой и смогут

принимать лишь одно из двух направлений без промежуточных состояний. Эта особенность позволяет описывать поведение магнитного момента наночастицы при помощи так называемой модели Изинга.

Модель Изинга [2] (Рисунок 1а) представляет собой набор дискретно заданных спинов, расположенных на периодической решётке. Модель Изинга в двумерном пространстве (2D) представляет собой решётку спинов, где гамильтониан такой же, как и в одном измерении. Отличается лишь число ближайших соседей.

Для получения данных о спиновых системах использовался метод XMCD. XMCD /X-ray Magnetic Circular Dichroism [3] – рентгеновский магнитный круговой дихроизм. Круговой дихроизм является свойством некоторых материалов по-разному поглощать право- и левоциркулярно поляризованное излучение.

Данные снимались на температурах 240 К, 250 К, 260 К, 270 К, 280 К, 290 К. На каждой температуре производилось 100 измерений.

По каждой температуре изображения были сформированы в gif файлы (Рисунок 1б)

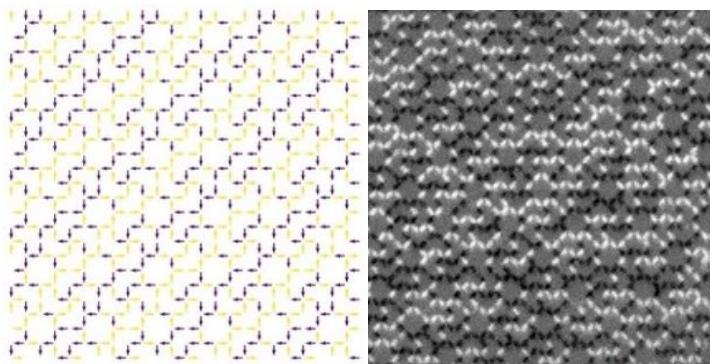


Рисунок 1а. Модель Изинга

Рисунок 1б. Решётка системы спинов при T = 240 К

При анализе изображений были замечены спины двух типов:

1. Стационарные не меняли свое направление и в определенные период времени находились в одном положении. На изображении обозначены черным и белым цветом

2. В момент фиксации направления спина постоянно колебались в обоих направлениях и не имели определенного направления. Обозначались серым

Также было принято несколько тезисов:

1. Не имеющие определенного направления серые спины имеют Энергию взаимодействия 0. Так как в определенный момент направлены в оба направления и компенсируют друг друга

2. Есть стационарные спины, которые не меняют своего направления с течением времени, а есть те, которые меняют.

При получении данных о спиновой системе энергия взаимодействия каждой частицы рассчитывалась по формуле:

$$E = \sum_{<i,j>} \left( \frac{(\vec{m}_i \vec{m}_j)}{|\vec{r}_{ij}|^3} - 3 \frac{(\vec{m}_i \vec{r}_{ij})(\vec{m}_j \vec{r}_{ij})}{|\vec{r}_{ij}|^5} \right), \quad (1)$$

где  $< i, j >$  означает суммирование по всем уникальным парам спинов, находящихся около данной вершины,

$\vec{m}_i$  и  $\vec{m}_j$  – их магнитные моменты,

$\vec{r}_{ij}$  – расстояние между ними.

При введении условия наличия частиц, не имеющих стационарного спина, мы получаем следующий график для температуры 240 К, складываемый из распределения относительно энергий по изображениям, полученным через определенные промежутки времени (график 1).

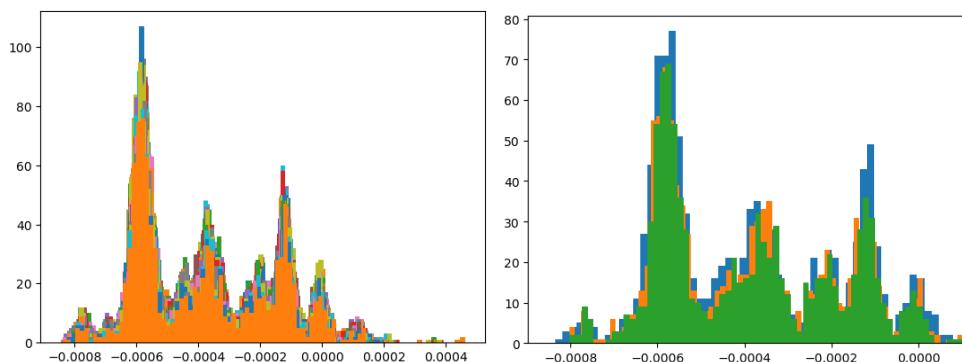


График 1. Распределение частиц в зависимости от энергии при  $T=240$  К

График 2. Зависимость количества частиц от энергии взаимодействия: Синий 240 К, Оранжевый 250 К, Зеленый 260 К

На основе полученных графиком была построена решетка, на которой можно изучить расположение спинов с разными энергиями (рисунок 2).

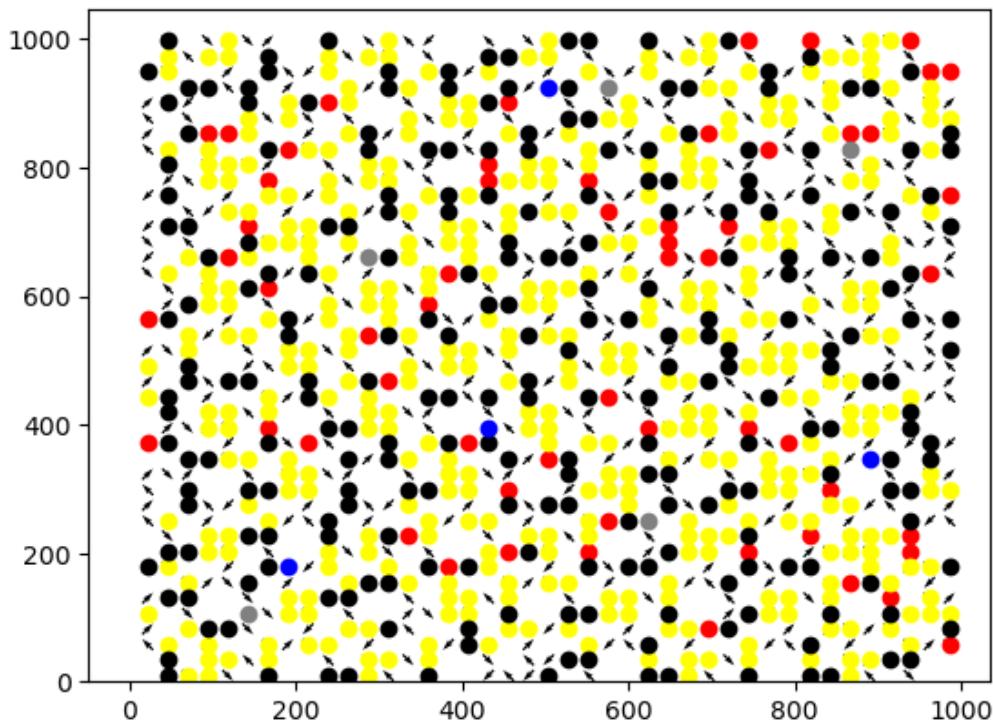


Рисунок 2. Решетка с положениями спинов с разными энергиями при температуре 240 К: Желтые – ( $E < -0.0005$ ) & ( $E \geq -0.0007$ ), Чёрные - ( $E < -0.0000$ ) & ( $E \geq -0.0002$ ), Красные –  $E > 0$ , Серые - Спины, не имеющие стационарного положения, Синие –  $E < -0.0008$

#### Список литературы

1. Geometrical Frustration in the Ferromagnetic Pyrochlore  $\text{Ho}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$  / M. J. Harris [et al.] // Physical Review Letters. — 1997. — Vol. 79, issue 13. — P. 2554–2557.
2. Шевченко Юрий Андреевич «Термодинамические свойства фрустрированных спиновых систем» 2017. - 115 с.
3. Иванов В.Г. Шевченко Юрий Андреевич «Спектроскопия Рентгеновского Поглощения Высокотемпературных Сверхпроводников На Основе Меди И Железа» 2019. - 157 с.

Цуранова М. Э.<sup>1</sup>

## ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТАКЛИЗМИЧЕСКОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ЗВЕЗДЫ CN ORI

<sup>1</sup>Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий ИНТИПМ ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель - к. ф. - м. н., доцент Л. Г. Московченко

В данной статье описывается процесс фотометрических исследований, направленных на изучение изменения светимости катализмической переменной звезды CN Ориона.

Катализмические переменные звезды (КПЗ) – вид физических переменных звезд, обладающих следующими свойствами:

- тесная двойная система, состоящая из белого карлика и звезды главной последовательности или слегка проэволюционировавшего субгиганта;
- наличие регулярных или единичных (в зависимости от типа КПЗ) вспышек;
- акреция со звезды-компаньона на белый карлик.

Причины вспышек отличаются для различных типов КПЗ. Например, вспышечная активность новых и сверхновых звезд обусловлена термоядерными реакциями на поверхности или внутри звезды. Изменение же светимости карликовых новых (UG), является результатом неустойчивого перетекания массы в аккреционном диске вокруг белого карлика [4].

В зависимости от характера изменения светимости карликовых новых выделяют три подтипа – UGSS, UGSU и UGZ. Каждому из них присуща регулярность вспышек, интервалы между которыми для одной звезды нельзя предсказать точно, однако для каждой существует среднее значение цикла. К последнему относится исследуемая в данной работе звезда CN Ori. Для данного типа, как и для типа UGSS, характерно увеличение яркости в 1-2 дня, однако отличным является то, что помимо обычных вспышек наблюдаются такие, после которых значение звездной величины не возвращается к изначальному, а сохраняет некоторое время определенное значение.

Для того чтобы проследить динамику изменения яркости, необходимо получить кривую блеска. Для этого проводятся фотометрические исследования, которые можно разделить на следующие этапы:

- 1) наблюдения;
- 2) калибровка фотографий, устранение шума;
- 3) фотометрия, вычисление инструментальной звездной величины (ИЗВ);
- 4) перевод в реальную звездную величину и построение кривой блеска.

В период с 02.02.2024 по 22.03.2024 мною проводились наблюдения с телескопа ASTROSIB RC500, находящегося в Уссурийской астрофизической обсерватории ( $43^{\circ}41'58''$  с. ш.  $132^{\circ}09'48''$  в. д.) фрагмента звёздного неба, включающего звезду CN Ori. Данная звезда имеет координаты (RA=05 52 07.79, δ= -05 25 00.6) и средний цикл 15,85 дня.

За весь период, ввиду неблагоприятных условий для съемки, суммарно удалось получить данные восемнадцати ночей, в некоторые из которых было проведено две серии наблюдений, а в некоторые – одну (около сорока кадров).

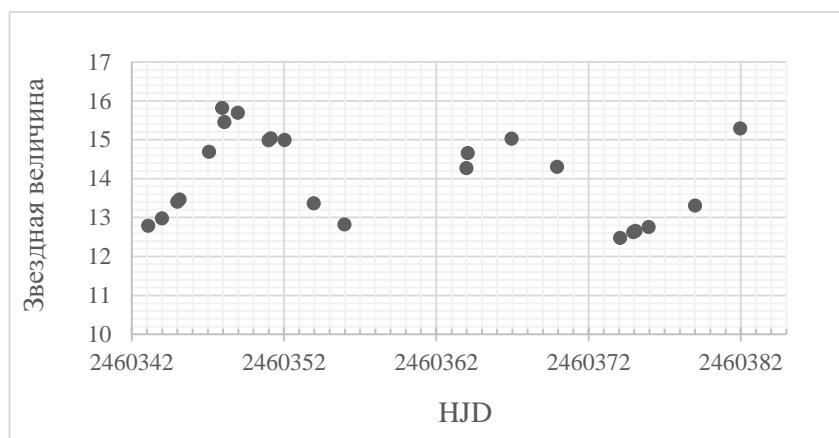
После осуществления калибровки, которая производится путем удаления из изображения шума, имеющего различную природу, были получены кадры, готовые к фотометрическому анализу. Однако в данный пункт исследования еще может входить выравнивание кадров (каждая звезда должна иметь одинаковые прямоугольные координаты на всех снимках) с последующим медианным усреднением серии снимков. Эти действия также были совершены для получения более компактных и наглядных результатов.

Для того чтобы выполнить апертурную фотометрию, необходимо найти и выбрать (данные о прямоугольных координатах считывается программой) на изображении несколько звезд сравнения, имеющих постоянную звездную величину, не сильно отличающуюся от исследуемой звезды и удостовериться, что они находятся достаточно близко к ней. Далее при помощи средств анализа изображения подбираются кольцевые апертура объекта и апертура фона (для того, чтобы исключить значения второй из первой). Итогом всех этих процедур является текстовый файл с оценкой инструментальных звездных величин всех выбранных звезд.

Подробно не рассматривая процесс работы ПЗС-матрицы, используемой для регистрации излучения, ограничимся утверждением, что инструментальная звездная величина – это, накопленные заряды, переведенные в численное значение – отсчеты. Так как отсчеты пропорциональны потоку излучения, их можно перевести в реальную звездную величину, зная ИЗВ переменной звезды и звезд сравнения, а также их реальные звездные величины из каталога.

После выполнения всех необходимых математических вычислений мной был построен график зависимости реальной звездной величины от величины НД (рисунок 1).

Стоит отметить, что полученные на графике данные, при ошибке около  $0.03^m$ , согласуются информацией в каталоге, а также с теоретическими представлениями о типе, к которому принадлежит звезда. Проанализировав кривую, можно предположить, что все максимумы представляют собой обычные вспышки, а характерной для типа UGZ стагнации звездной величины в данный период не наблюдалось.



Чепак А. К.<sup>1,2</sup>, Афремов Л. Л.<sup>2</sup>

## ПЕРЕСТРОЙКА МАГНИТНОЙ КЛАСТЕРНОЙ СТРУКТУРЫ ПРИ КОНЦЕНТРАЦИОННОМ ФАЗОВОМ ПЕРЕХОДЕ

<sup>1</sup>Институт Химии ДВО РАН

<sup>2</sup>Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий

<sup>2</sup>Научный руководитель – д. ф. - м. н., профессор Л. Л. Афремов

В настоящее время проводится множество исследований, посвященных изучению спинового и кластерного стекла, а также материалов с упорядочением, подобным фазе Гриффитса [1-3]. Особый интерес вызывают двойные перовскиты  $Re_2CoMnO_6$  ( $Re$  = редкоземельные ионы) из-за их широко спектра разнообразных свойств - от полуметаллических до магнитных и пьезоэлектрических [4]. Считается, что данные свойства в магнетиках связаны с фазой Гриффитса, где сочетаются дальний и ближний порядки. Фаза Гриффитса представляет собой совокупность ферромагнитных кластеров различных форм и размеров, окруженных атомами с параметрическим упорядочением. Хотя теоретические исследования предсказывают существование такой фазы, обнаружить ее прямым численным моделированием оказывается сложной задачей.

В данной работе мы используем новый подход по определению особенностей магнитного фазового перехода при немагнитном разбавлении Изинговского ферромагнетика. Этот подход основан на анализе распределений по вероятностям образования кластеров, их количеству и размерам. Расчет проводился с использованием алгоритма Вольфа группы методов Монте-Карло. Температура системы была взята близкая к нулю  $t = k_B T/J = 0.01$  для исключения термических флуктуаций и выявления вклада только структурных особенностей на магнитное упорядочение.

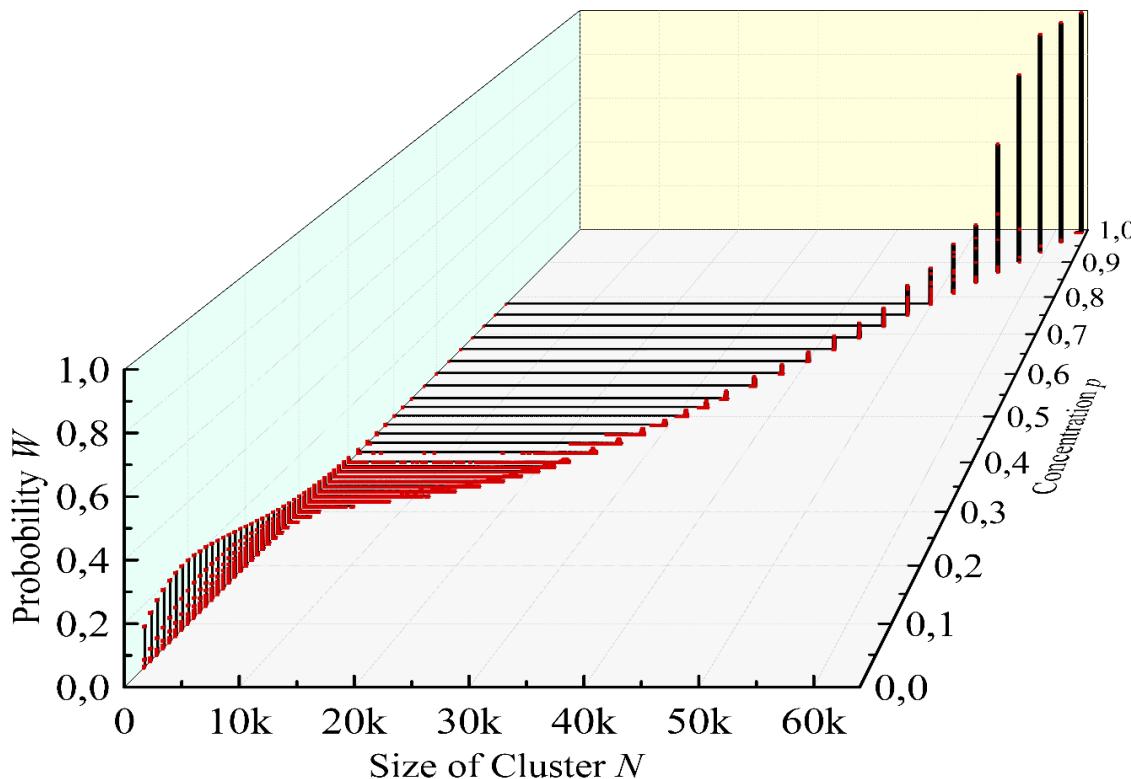


Рисунок 1. Диаграмма распределения вероятности образования магнитного кластера  $W$  заданного размера  $N$  на простой кубической решётке с  $L=40$  при случайном замещении магнитных атомов на немагнитные

На Рисунке 1 приведены зависимости распределений магнитных кластеров по вероятности образования и размерам в зависимости от концентрации магнитных атомов. Так из диаграммы видно, что с уменьшением концентрации магнитных атомов вместе со стремительным снижением вероятности образования больших кластеров, растёт вероятность формирования маленьких кластеров и в тоже время образуются кластеры различных размеров. Так непосредственно для простой кубической решётки область фазы Гриффитса  $0,3 < p < 0,4$ , разделяющая ферромагнитную и парамагнитную точки фазового перехода, имеет низкие вероятности формирования кластеров, но при этом их размеры занимают весь диапазон от 1 до 30000 атомов.

Используя полученную диаграмму можно рассматривать фазовый переход из ферримагнитного состояния в парамагнитное по следующему сценарию: на первом этапе – линейное снижение среднего размера кластера (кластерного параметра порядка) сопровождается обращением в ноль вероятности образования переколяционных кластеров, что указывает на разрушения дальнего порядка и соответственно чисто ферромагнитного упорядочения; на втором этапе – ускоряется снижение кластерного параметра порядка, а в системе формируются кластеры различных размеров, что указывает на сохранение локального ферромагнетизма, но на макроуровне доминирует состояние кластерного стекла; на третьем этапе – средний размер кластера близок к нулю и все атомы из крупных кластеров перераспределились в мелкие, что соответствует состоянию спинового стекла; на финальном этапе – кластерный параметр порядка равен нулю, все размеры магнитных кластеров сводятся к единичным невзаимодействующим магнитным моментом и в системе реализуется чистое парамагнитное состояние.

#### *Список литературы*

1. Xin Y. et al. Nature of Griffiths phase and ferromagnetic 3d-4f interaction in double-perovskite Dy<sub>2</sub>CoMnO<sub>6</sub> //Journal of Alloys and Compounds. – 2022. – Т. 893. – С. 162222.
2. Silva Jr R. S. et al. Structural phase transition and suppressed Griffiths-like phase induced by Sr<sup>2+</sup>-doping in LaCr<sub>0.5</sub>Mn<sub>0.5</sub>O<sub>3</sub> compound //Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2022. – Т. 546. – С. 168851.
3. Kumar V. P. Magnetic phase transitions leading to Griffith's singularity with electrical and dielectric anomalies in transport properties of LaMnO<sub>3+δ</sub> //Bulletin of Materials Science. – 2021. – Т. 44. – №. 2. – С. 1-12.
4. Griffiths R. B. Nonanalytic behavior above the critical point in a random Ising ferromagnet //Physical Review Letters. – 1969. – Т. 23. – №. 1. – С. 17.

---

Черкасов М. Д.<sup>1</sup>, Лобанова Э. А.<sup>1</sup>, Анисич А. И.<sup>1</sup>, Терновой Н. К.<sup>1</sup>

#### **АЛГОРИТМ ПАРАЛЕЛЬНОГО ОТЖИГА В МОДЕЛИ ИЗИНГА. МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО**

<sup>1</sup>Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий ИНТИПМ ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель – к. ф. - м. н., Ю. А. Шевченко

В модели Изинга [1] для точного подсчёта энергии и теплоёмкости системы, состоящей из  $N$  взаимодействующих спинов, надо перебрать все  $2^N$  возможные конфигурации системы. Вычислительная сложность задачи экспоненциально зависит от  $N$ , и нерешаема при  $N > 100$  на современных суперкомпьютерах. Одним из подходов упрощения вычислений является применение алгоритма Метрополиса, т.к. он позволяет избежать перебора всех состояний. Алгоритм Метрополиса является приближённым методом, но у него есть свои проблемы. Одна из главных проблем алгоритма

Метрополиса – критическое замедление при низких температурах, т.е. алгоритм застревает в локальном минимуме энергии и вычисляет некорректные данные в диапазоне низких температур. Одним из решений данной проблемы является использование алгоритма параллельного отжига.

Преимущество использования алгоритма параллельного отжига [2] заключается в преодолении энергетического барьера и минования локального минимума энергии, впоследствии чего алгоритм находит глобальный минимум при заданной температуре и даёт более точные результаты в сравнении с каноническим алгоритмом Метрополиса.

Алгоритм параллельного отжига работает по следующим принципам. Сначала задаётся случайное состояние системы и её температура, затем происходит создание  $K$  копий исходной системы, которые впоследствии от исходной системы располагаются определённым образом относительно друг друга по температурной шкале (будем считать, что они равноудалены по температурам). Далее запускается обычный алгоритм Метрополиса для всех систем. После работы алгоритма Метрополиса, происходит обмен между репликами с вероятностью:

$$p_{swap} = \min[1, \exp[(\beta' - \beta)(E' - E)]], \quad (1)$$

где  $\beta = \frac{1}{kT}, k = 1$ .

Наиболее подходящая вероятность обмена между репликами: 20% [3]. Один цикл алгоритма Метрополиса называется шагом Монте-Карло. После обмена между копиями, снова запускается алгоритм Метрополиса и снова обмениваются реплики. В итоге выполняется  $M$  шагов Монте-Карло. После выполнения всех шагов, вычисляется теплоёмкость по следующей формуле:

$$C(T)_i = \frac{\langle E^2 \rangle_i - \langle E \rangle_i^2}{kT^2 N}, \quad (2)$$

где  $k = 1, E$  – средн. энерг. за  $M$  шагов  $i$  копии,  $N$  – кол. частиц в сист. Энергия считается по формуле:

$$E = -J \sum_{i,j=0}^n s_i s_j, \quad (3)$$

где  $s_i, s_j$  – момент спина  $\epsilon \in [-1, 1]$ , в наш. случ.  $J = 1$  (т. к. ферромагн.).

Ниже представлены графики энергии и теплоёмкости, посчитанные с помощью алгоритма параллельного отжига.

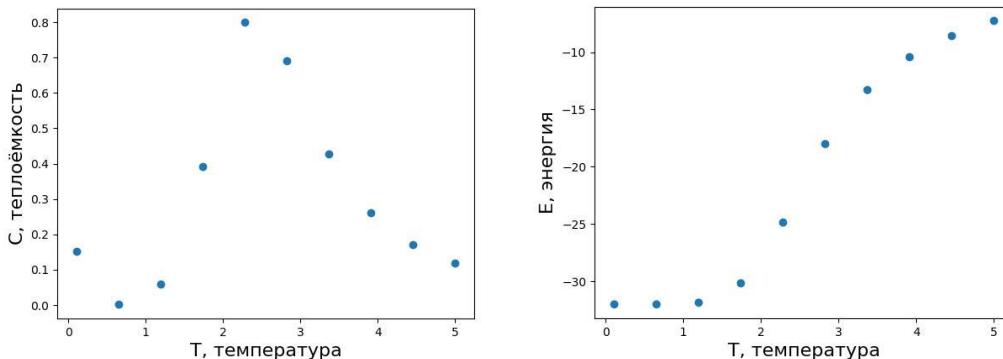


Рисунок 1. Зависимость С (слева) и Е (справа) от Т, полученная методом параллельного отжига при 10 репликах

На рисунке 1 показаны зависимости С и Е от Т при 30 Монте-Карло шагов,  $N = 16$  спинов и 10 репликах без учёта вероятности обмена 20%. Полученные результаты совпадают с результатами, полученными последовательным Метрополисом.

В данной работе алгоритм параллельного отжига для модели спинов Изинга на квадратной решетке был реализован и проверен на работоспособность в виде суперкомпьютерной программы на языке c++. Температуры для реплик задаются в программе в ручном режиме. Дальнейшая работа направлена на создание алгоритма автоматического подбора температур при условии вероятности обмена между репликами в 20%.

*Список литературы*

1. Janke W. Monte Carlo methods in classical statistical physics //Computational many-particle physics. – Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008. – С. 79-140.
2. Patriksson A., van der Spoel D. A temperature predictor for parallel tempering simulations //Physical Chemistry Chemical Physics. – 2008. – Т. 10. – №. 15. – С. 2073-2077.
3. Earl D. J., Deem M. W. Parallel tempering: Theory, applications, and new perspectives //Physical Chemistry Chemical Physics. – 2005. – Т. 7. – №. 23. – С. 3910-3916.

## Раздел XVI

# ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Анисич А.И.<sup>1</sup>, Лобанова Э.А.,<sup>1</sup> Терновой Н.К.<sup>1</sup>, Черкасов М.Д.<sup>1</sup>

### ЗАДАЧИ О ПОИСКЕ СОСТОЯНИЯ С МИНИМУМОМ ЭНЕРГИИ КВАНТОВОЙ МОДЕЛИ ИЗИНГА

<sup>1</sup> Департамент теоретической физики и интеллектуальных технологий ИНТПМ ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель — д. ф.-м. н., К.В. Нефедев

Самой простой моделью, взаимодействующих спинов, является модель Изинга [1]. Эта модель позволяет рассчитать энергию состояния в зависимости от конфигурации спинов (в классической модели – в зависимости от конфигурации магнитных моментов). На сегодняшний день одной из нерешенных фундаментальных задач теоретической физики является задача поиска минимума энергии [2]. Даже эта с виду простая задача, в случае классической модели, вызывает неимоверные вычислительные трудности.

Всего в классической модели имеется  $2^n$  состояний. Таким образом, чтобы решить задачу на классическом компьютере, то есть описать состояние  $n$  спинов, понадобится больше, чем  $2^n$  битов оперативной памяти, а чтобы найти минимум энергии системы, нужно перебрать все конфигурации. Сложность расчета экспоненциально растет с ростом числа частиц. Уже при  $n \geq 50$  классические компьютеры не могут справиться с поставленной задачей.

Каждая конфигурация имеет свою энергию и спиновый избыток, которые влияют на термодинамическую вероятность. Усложняет задачу учет внешнего магнитного поля. Классическая система существует только в одном из  $2^n$  состояний. Термодинамические флуктуации есть причина эволюции классической системы в пространстве состояний.



Рисунок 1. Решение модели Изинга для двухкубитного случая, где амплитуда вероятности принимает отрицательное или положительное значение в зависимости от характера взаимодействия

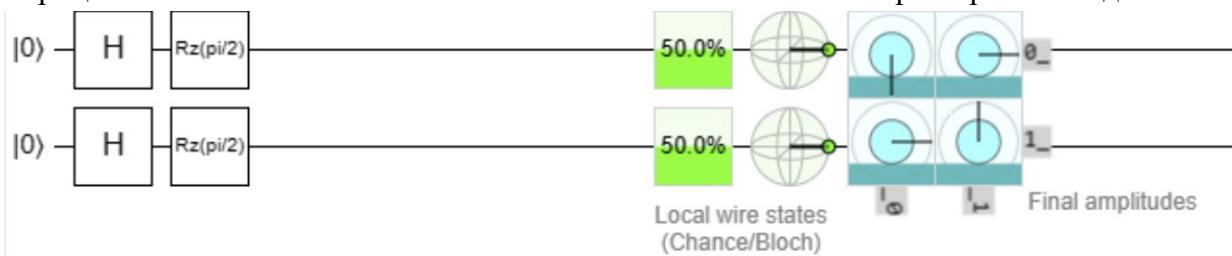


Рисунок 2. Решение антиферромагнитной модели Изинга для двухкубитного случая, где амплитуды антиферромагнитных состояний являются вещественными, а ферромагнитные комплексные

Квантовые системы, обладающие свойством квантовой суперпозиции, представляют возможности квантового параллелизма. В квантовой модели Изинга каждому спину системы поставлен в соответствие 1 кубит (квантовый аналог бита), а вся квантовая система существует одновременно в

суперпозиции  $2^n$  состояний. Таким образом, квантовые вычисления могут нам дать возможность избавиться от прямого перебора.

Предполагается искать решение квантовой модели Изинга на симуляторе Quirk и дальнейшее ее масштабирование на языке Q# или nVidia cuda-quantum.. Полученные решения для двух частиц на двухкубитной симуляции (рис.1, рис.2)

#### *Список литературы*

1. Займан Дж. Принципы теории твёрдого тела. — М.: Мир, 1974. — 472 с.
2. Бэкстер Р. Точно решаемые модели в статистической механике. — М.: Мир, 1985.
3. Онлайн симулятор квантового компьютера. [электронный ресурс] <https://algassert.com/>

---

Кузнецова М.А.<sup>1</sup>, Козлов А.Г.<sup>1</sup>, Базров М.А.<sup>1</sup>, Шишев А.Ф.<sup>1</sup>, Садовников А.В.<sup>2</sup>

#### **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДЗЯЛОШИНСКОГО-МОРИИ В СИСТЕМЕ Pt/Co/CoO**

<sup>1</sup>Лаборатория пленочных технологий ИНТИПМ ДВФУ

<sup>2</sup> Лаборатория магнетики СГУ им. Чернышевского

<sup>1</sup>Научный руководитель - к. ф.-м. н., доцент А.Г. Козлов

Тонкие магнитные пленки Pt/Co/CoO обладают значительным потенциалом для будущих применений в области спинtronики и магнитоэлектроники [1-2]. Появление в данной магнитной системе таких эффектов как перпендикулярная магнитная анизотропия, взаимодействие Дзялошинского-Мории (ВДМ), обменное смещение и других позволяет контролировать топологические магнитные структуры. Важным фактором для наведения этих эффектов является наличие интерфейсов "тяжелый металл/ферромагнетик" и "ферромагнетик/антиферромагнетик" для реализации спин-орбитального и обменного взаимодействия на интерфейсах.

В исследовании подготовлены образцы с разным временем оксидирования (от одной до трех минут и без оксидирования). Начальный слой Pt толщиной 10 нм осажден методом магнетронного распыления на кремниевую подложку, за ним нанесен слой Co толщиной 1 нм методом молекулярно-лучевой эпитаксии. Оксидирование производилось кислородом под давлением 1 бар, после чего слой был покрыт 50 нм слоем Pd. Также были определены оптимальные параметры чистки и отжига Pt для предотвращения воздействия атмосферы.

Зависимости магнитных параметров пленок от времени оксидирования, такие как величина эффективной магнитной анизотропии, намагниченность насыщения, измерялись с использованием вибромагнитометра. Для определения величины эффективной константы ВДМ использовалось Мандельштам-Бриллюэновское рассеяние света, основанное на различии частот стокового и антистокового поля. Полученные спектры (Рис.1.1) анализировались для построения графиков зависимости эффективной константы ВДМ от времени окисления с учетом разных внешних полей. Зависимость (Рис.1.2) показывает на тенденцию смены знака ВДМ с увеличением времени оксидирования ферромагнитного слоя.

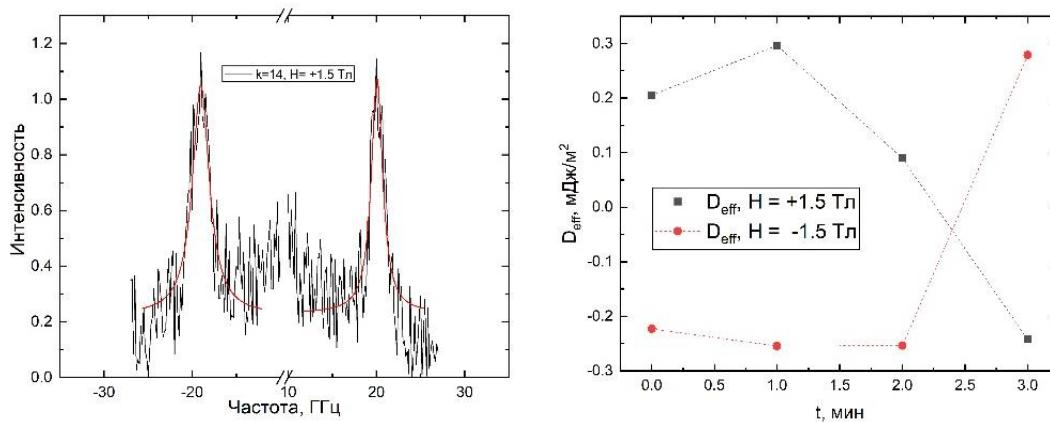


Рисунок 1 – Данные, полученные с помощью установки по изучению БРС  
 1 – пример обработки спектра образца оксицированного в течение одной минуты  
 2 - график зависимости эффективной константы ВДМ  $D_{eff}$  от времени оксицирования

#### *Список литературы*

1. Huang K. F. et al. Engineering spin-orbit torque in Co/Pt multilayers with perpendicular magnetic anisotropy //Applied Physics Letters. – 2015. – Т. 107. – №. 23.
2. Wang Y. X. et al. Tailoring the perpendicular exchange bias in [Pt/Co/CoO] n multilayer by tensile stress on curved substrate //Journal of Applied Physics. – 2013. – Т. 113. – №. 16.

---

Намсараев Ж.Ж.<sup>1</sup>, Летушев М.Е.<sup>1</sup>, Базров М.А.<sup>1</sup>, Шишлов А.Ф.<sup>1</sup>, Давыденко А.В.<sup>1</sup>, Стеблий М.Е.<sup>1</sup>,  
 Огнев А.В.<sup>1</sup>, Козлов А.Г.<sup>1</sup>

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОСТРУКТУР Pt/Co/MgO И WTe/Pt/Co/MgO МЕТОДОМ ГАРМОНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ХОЛЛА**

<sup>1</sup>Департамент общей и экспериментальной физики ИНТИПМ ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель – д.ф.-м.н. профессор А.С. Самардак

Гармонический анализ Холла является популярным методом измерений damping-like (DL) и field-like (FL) крутящих моментов, благодаря своей простоте реализации. На образец, представляющий собой структуру Холла с перпендикулярной магнитной анизотропией (ПМА), подаётся переменный ток с частотой  $f$  и действует внешнее магнитное поле  $H_{ext}$ , и считаются первая и вторая гармонические характеристики напряжения Холла, с помощью синхронного усилителя. Управляя силой и направлением  $H_{ext}$  и анализируя характеристики напряжения Холла, можно извлечь продольное и поперечное эффективные поля, индуцированные крутящими моментами DL и FL, которые затем преобразуются в эффективность спиновых крутящих моментов [1].

Были измерены образцы  $\text{SiO}_2/\text{Pt}(t \text{ нм})/\text{Co}(0,9 \text{ нм})/\text{MgO}(2 \text{ нм})/\text{SiO}_2(4 \text{ нм})$  и  $\text{SiO}_2/\text{WTe}(7 \text{ нм})/\text{Pt}(t \text{ нм})/\text{Co}(0,9 \text{ нм})/\text{MgO}(2 \text{ нм})/\text{SiO}_2(4 \text{ нм})$ . Результаты измерений приведены на рисунке 1.

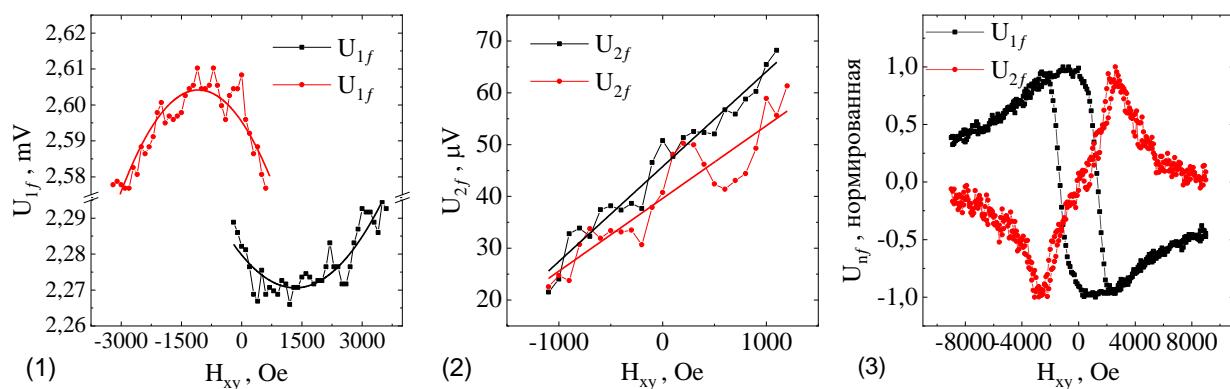


Рисунок 1 – Зависимости гармоник напряжений Холла от развертки плоскостного поля  
 1 – Подгонка первой и второй гармоники напряжения Холла в продольном направлении  
 2 – Подгонка первой и второй гармоники напряжения Холла в поперечном направлении  
 3 – Общий вид гармоник напряжения Холла

Вторая гармоника напряжения Холла  $V_{2f}$  содержит информацию об угле колебаний намагниченности, обусловленным эффективным полем, индуцированного током. Damping-like и field-like эффективные поля могут быть рассчитаны с помощью уравнения (1).

$$H_{DL(FL)} = -2 \frac{H_{L(T)} \pm 2\xi H_{T(L)}}{1 - 4\xi^2} \quad (1)$$

$\xi$  – отношение планарного сопротивления Холла к аномальному сопротивлению Холла –  $R_{\text{ПНЕ}}/R_{\text{АНЕ}}$ .  $H_T$  и  $H_L$  определяются как  $H_{L,\pm} = (\partial V_{2f,L\pm}/\partial H_x)/(\partial^2 V_{f,L\pm}/\partial H_x^2)$  и  $H_{T,\pm} = (\partial V_{2f,T\pm}/\partial H_y)/(\partial^2 V_{f,T\pm}/\partial H_y^2)$ .

Планарный эффект Холла определяется путём измерения напряжения Холла при вращении образца в постоянном плоскостном магнитном поле величиной намагниченности насыщения в плоскости [2], рисунок 2.

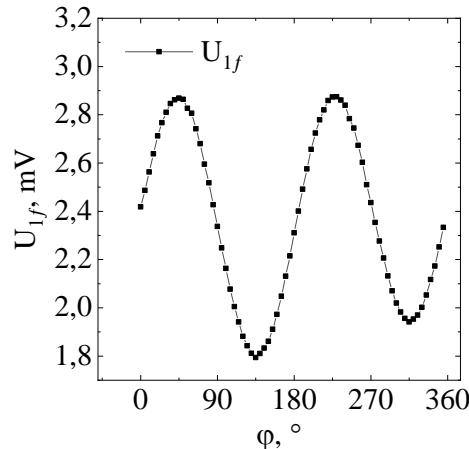


Рисунок 2 – Планарный эффект Холла, измеренный на образце

#### Список литературы

1. Minh-Hai Nguyen, Chi-Feng Pai, Spin-orbit torque characterization in a nutshell // APL Mater. – 2021. Vol. 9., №3. – P.030902.
2. Yang, M., Cai, K., Ju, H. et al. Spin-orbit torque in Pt/CoNiCo/Pt symmetric devices // Sci Rep. – 2006. Vol. 6., – P. 20778.

Пашев С. Р., Пинчук К. Е.

## ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ СКАНИРУЮЩАЯ КАЛОРИМЕТРИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ АМОРФНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Департамент общей и экспериментальной физики ИНТИПМ ДВФУ

Научный руководитель – к. ф-м. н. Ткачев В. В.

Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) – метод, позволяющий регистрировать энергию, необходимую для выравнивания температур исследуемого материала и материала, используемого в качестве эталона, в зависимости от температуры или времени. Для этого используют:

1) определение термодинамических свойств керамических и металлических высококачественных материалов;

2) количественное определение тепловых эффектов и теплоемкости в газовой атмосфере или в вакууме.

В работе методом ДСК (*Рисунок 16*) исследованы аморфные металлические сплавы (АМС)  $Co_{58}Fe_5B_{16}Si_{11}Ni_{10}$ , полученные методом быстрой закалки при разных параметрах спиннингования [1], Таблица 2:

Таблица 2

### Параметры быстрой закалки сплава $Co_{58}Fe_5B_{16}Si_{11}Ni_{10}$

№	$T_{melt}$ , °C	$m$ , гр	$t_{melt}$ , мин.	$t_{melt^*}$ , мин.	$P_k$ , мбар	$P_t$ , мбар	$v$ , Гц	$H$ , мм
Обр. №1	1420	9,76	30	4	300	500	45	10
Обр. №2	1420	9,84	48	2	300	500	28,66	10

$T_{melt}$  - температура расплава;  $m$  - масса образца перед расплавом;  $t_{melt}$  время, за которое материал полностью расплавился;  $t_{melt^*}$  - время, при котором материал находился в жидкому состоянии;  $P_k$ ,  $P_t$  - давление в камере и в тигле соответственно;  $v$  - частота вращения барабана;  $H$  - толщина полученных аморфных лент.

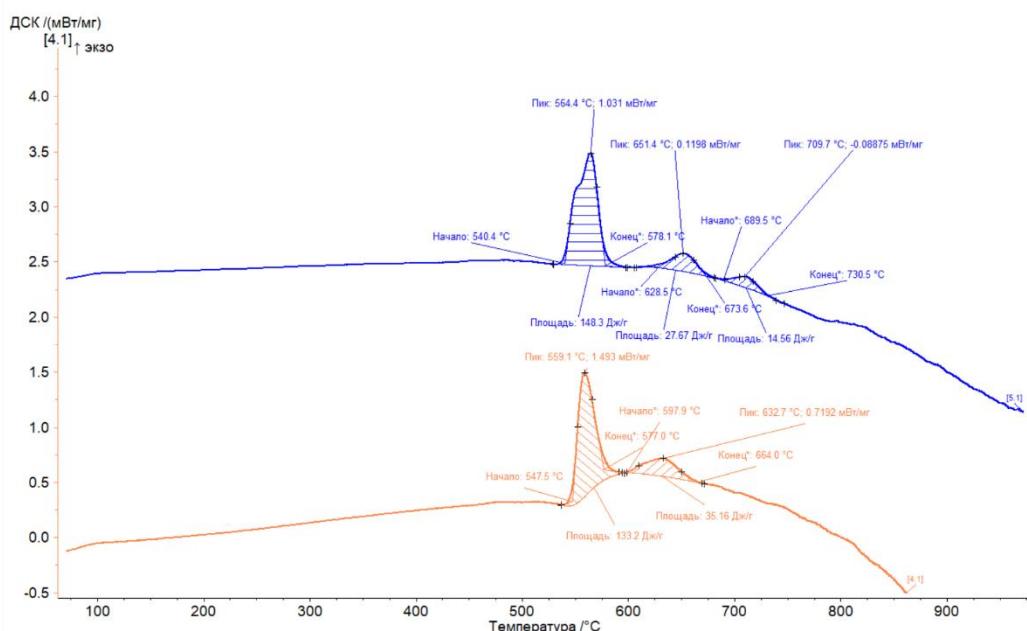


Рисунок 16 - Термокривые быстрозакаленного сплава  $Co_{58}Fe_5B_{16}Si_{11}Ni_{10}$ .

Оранжевый график – образец №1, синий график – образец №2.

На данном рисунке ось ординат строится относительно образца №1.

Характер полученных термокривых, позволил провести анализ структурных превращений быстрозакаленных сплавов как в аморфном состоянии, так и при переходе в равновесное кристаллическое; определить критические температуры, Таблица 3, Таблица 4.

Таблица 3

Температурные параметры пиков образца №1

№	$T_{onset}$ , °C	$T_{peak}$ , °C	$T_{end}$ , °C	$S_{peak}$ , Дж/г
Пик 1	547,5	559,1	577	132,2
Пик 2	597,9	632,7	664	35,16

Таблица 4

Температурные параметры пиков образца №2

№	$T_{onset}$ , °C	$T_{peak}$ , °C	$T_{end}$ , °C	$S_{peak}$ , Дж/г
Пик 1	540,4	564,4	578,1	148,3
Пик 2	628,5	651,4	673,6	27,67
Пик 3	689,5	709,7	730,5	14,56

$T_{onset}$ -температура начала кристаллизации аморфного сплава (экзотермический пик);

$T_{peak}$ - температура, соответствующая максимуму экзотермического пика;

$T_{end}$ -температура окончания процесса кристаллизации;

$S_{peak}$ -площадь пика.

Результаты показывают различия в пиках ДСК образцов, причем образец №2 имеет раздвоенный первый пик и дополнительные пики по сравнению с образцом №1. Можно отметить, что точки критической температуры и энергии также изменяются в зависимости от параметров процесса получения АМС методом быстрой закалки.

*Список литературы*

1. Абросимова, Г. Е. Эволюция структуры Аморфных сплавов / Г. Е. Абросимова // Успехи физических наук. – 2011. – №12. – С. 1265–1280.
2. Фролов А. М. Физика конденсированного состояния наук: Многомасштабные структурно-морфологические неоднородности металлических сплавов, полученных закалкой из жидкого сплава: дис. д-р ф.-м. н.: 01.03.08. / Фролов Анатолий Михайлович; науч. Рук. Белоконь В. И; ДВФУ - Владивосток, 2022. - 253 с.

---

Потапова С. Р.<sup>1</sup>, Прохорова В. И.<sup>1</sup>, Собиров М. И.<sup>1</sup>

**МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА И МОДЕЛИРОВАНИЕ Со/Ni-НАНОПРОВОЛОК  
ТИПА «МЕДУЗА»**

<sup>1</sup>Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель – к. ф. – м. н., старший преподаватель А. Ю. Самардак

Изучению магнитных свойств одномерных ферромагнитныхnanoструктур с диаметром в нанометровом диапазоне и макродлиной посвящено множество научных работ из-за их нетривиального магнитного поведения [1]. Наноструктуры из ферромагнитных материалов имеют большую зависимость своих свойств от формы, так как на наноуровне начинает проявляться сильная анизотропия формы, в большой степени определяющая магнитное поведение исследуемых объектов. Так, лёгкая ось намагничивания в одномерных объектах как нанопроволоки, представляющих из себя цилиндры с диаметром в диапазоне 10-300 нм и соотношением сторон 1 к 10 и более, обычно

направлена вдоль их длинной стороны. Благодаря этому их потенциальное применение широко варьируется от биомедицины до наноэлектроники. Таким образом, нанопроволоки могут быть использованы в качестве источников вторичного облучения в лучевой терапии, средств адресной доставки лекарств, средств борьбы с раком путем гипертермии и механического разрушения опухолей, как элементы магнитной памяти и наноэлектроники, как биосенсоры и датчики магнитных полей [2, 3].

В этой работе исследуются магнитные свойства ферромагнитных сегментированных Co/Ni-нанопроволок типа «медуза». Нанопроволоки Co/Ni типа «медуза», впервые были синтезированы путем электрохимического осаждения в пористые матрицы оксида алюминия из раствора  $\text{CoCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{H}_3\text{BO}_3$ . Магнитные свойства были исследованы с помощью вибрационного магнитометра LakeShore VSM 7410. Микромагнитное моделирование проводилось с использованием программы Mumax3. На рисунке 1 представлено сравнение экспериментальной и смоделированной петель магнитного гистерезиса массива нанопроволок Co/Ni типа «медуза».

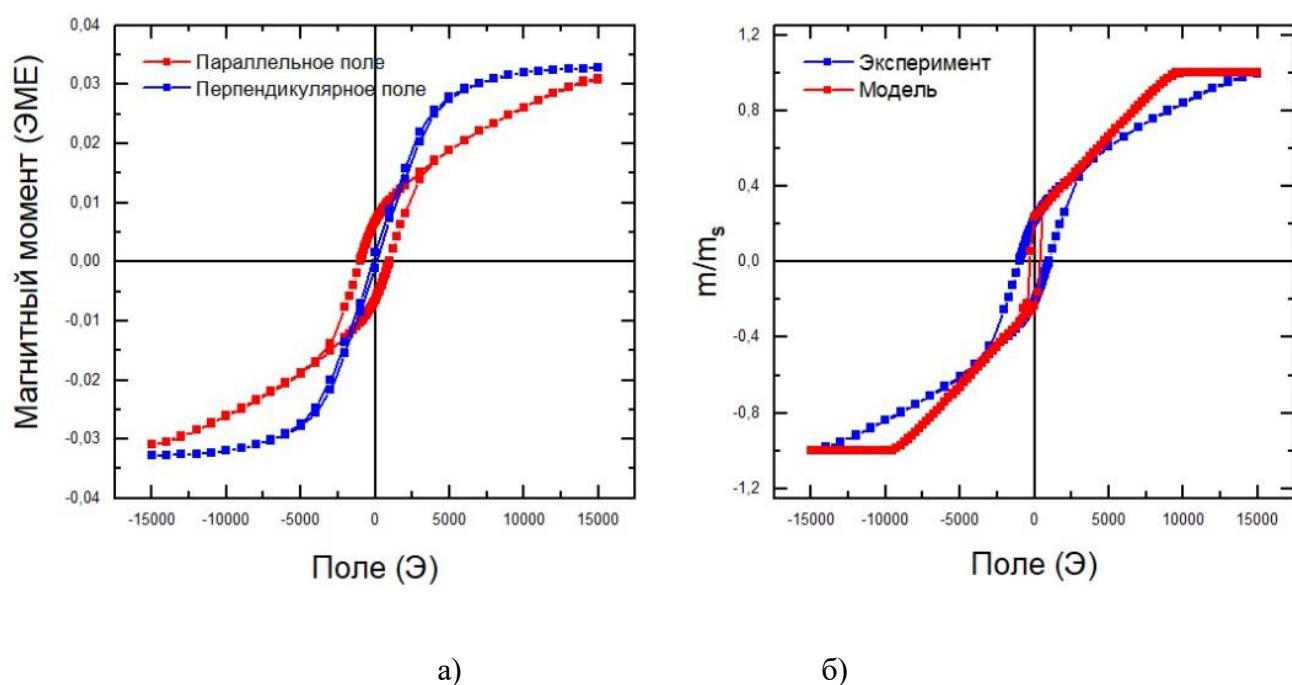
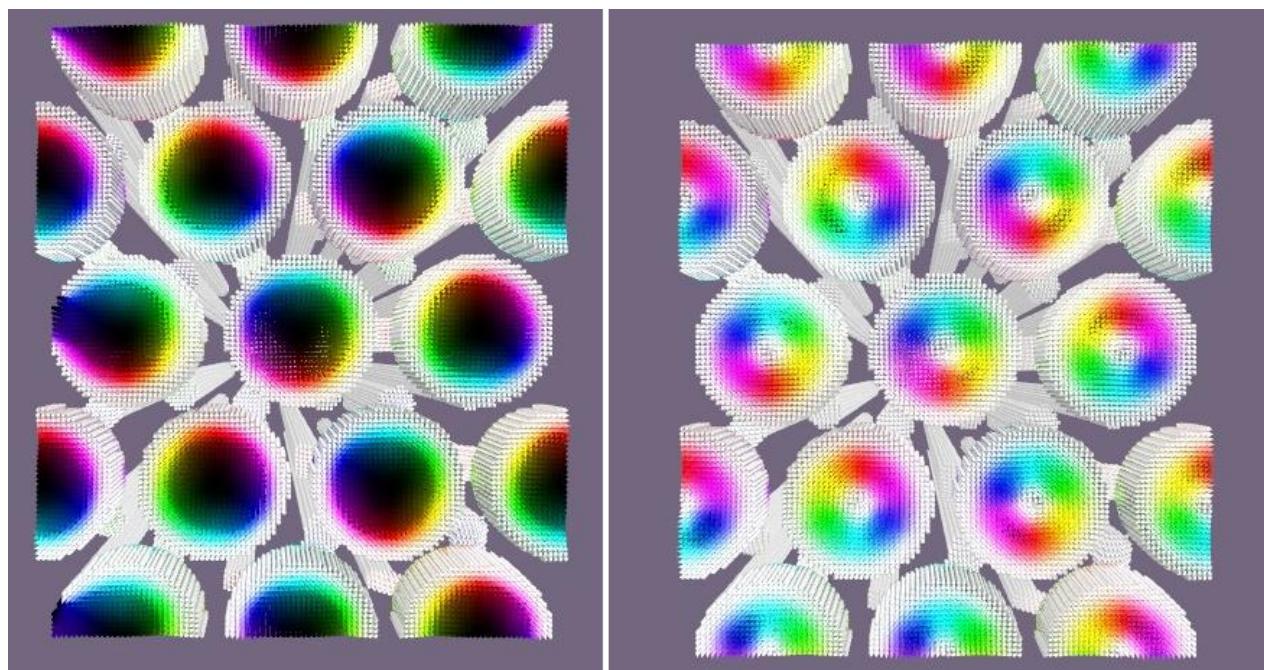


Рисунок 1 – Петли магнитного гистерезиса: а) Сравнение экспериментальных петель в параллельном и перпендикулярном поле относительно нанопроволок, б) Сравнение экспериментальной и смоделированной петель массива нанопроволок Co/Ni типа «медуза»

Микромагнитная модель была построена на основе экспериментально полученных морфологических параметров со сканирующего электронного микроскопа. Результаты моделирования представлены на рисунке 2. В результате исследования процесса перемагничивания массива нанопроволок в «головах» наблюдалось образование структур, напоминающих скирмионную и скирмиониевую трубу (рисунок 2) [4].



а)

б)

Рисунок 2 – Микромагнитные конфигурации наблюдаемые в массивах нанопроволок  
а) Скирмионные трубы, б) Скирмиониумные трубы

#### Список литературы

1. Vazquez M., Pirota K., Hernandez-Velez M., Prida V. M., Navas D., Sanz R., Batallan F., Velazquez J. Magnetic properties of densely packed arrays of Ni nanowires as a function of their diameter and lattice parameter // Journal of Applied Physics. – 2004. – Т. 95, № 11. – С. 6642-6644.
2. Mukhtar A., Wu K., Cao X., Gu l. Magnetic nanowires in biomedical applications // Nanotechnology. – 2020. – Т. 31, № 43. – С. 433001.
3. Moreno J. A., Bran C., Vazquez M., Kosel J. Cylindrical Magnetic Nanowires Applications // Ieee Transactions on Magnetics. – 2021. – Т. 57, № 4.
4. Gobel B., Mertig I., Tretiakov O. A. Beyond skyrmions: Review and perspectives of alternative magnetic quasiparticles // Physics Reports-Review Section of Physics Letters. – 2021. – Т. 895. – С. 1-28.

---

Приходченко А.В.<sup>1</sup>, Кузнецова М.А.<sup>1</sup>

#### СТРУКТУРА И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК Pt/Co/MgO И WTe<sub>2</sub>/Pt/Co/MgO

<sup>1</sup>Департамент общей и экспериментальной физики ИНТИПМ ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель - к.ф-м.н., доцент А.Г. Козлов

В последние годы в области спинtronики интенсивно исследуются двумерные материалы и ультратонкие магнитные пленки, включающие в свой состав дихалькогениды переходных металлов. Такие материалы могут найти применение в области создания энергоэффективной магнитной памяти благодаря своим богатым спин-зависимым свойствам [1]. Перспективы разработки сред хранения и записи информации построенные на эффекте передачи спин-орбитального момента (SOT) мотивируют поиск структур и материалов, которые могут удовлетворить требования сильной перпендикулярной магнитной анизотропии (РМА) и большого SOT-эффекта одновременно.

В нашей работе исследовались магнитные тонкие пленки Pt/Co/MgO и влияние на их структурные и магнитные свойства добавление подслоя дителлурида вольфрама. Таким образом объектами исследования являлись две серии образцов в которых варьировали толщину платины: SiO<sub>2</sub>/Pt(2-10 нм)/Co(0,9 нм)/MgO(2 нм)/SiO<sub>2</sub>(4 нм) и SiO<sub>2</sub>/WTe<sub>2</sub>(7 нм)/Pt(0-10 нм)/Co(0,9 нм)/MgO(2 нм)/SiO<sub>2</sub>(4 нм), полученных методом магнетронного распыления на подложку SiO<sub>2</sub>. Регистрация значения толщины слоев пленок проводилась с использованием кварцевого измерителя толщин во время напыления и дополнительно уточнялась после формирования структуры методом рентгеновской рефлектометрии с помощью рентгеновского дифрактометра Колибри. По результатам экспериментальных спектров строилась модель с использованием специальной программы «Моделирование рефлектометрических кривых – XRR simulation». Для увеличения точности моделирования задавались промежуточные слои Pt-Co и Pt-WTe<sub>2</sub> [2]. В результате анализа рефлектометрических кривых были определены такие параметры слоев как шероховатость интерфейсов и плотность материала, наблюдалась их зависимость от толщины. Так же проводились исследования шероховатости поверхности образцов методом атомно-силовой микроскопии. Замечено влияние типа поверхности на результаты обработки рентгеновской рефлектометрии.

Магнитные параметры были исследованы на основании петель магнитного гистерезиса с помощью вибромагнетометра (7410 VSM, LakeShore) в направлениях внешнего магнитного поля в плоскости и из плоскости пленки. На основании полученных магнитных характеристик были построены графики зависимости магнитного момента насыщения, коэрцитивной силы, энергии эффективной анизотропии от толщины слоя Pt. Проведены всесторонние исследования структуры и основных магнитных свойств пленок состава SiO<sub>2</sub>/Pt(2-10 нм)/Co(0,9 нм)/MgO(2 нм)/SiO<sub>2</sub>(4 нм) и SiO<sub>2</sub>/WTe<sub>2</sub>(7 нм)/Pt(0-10 нм)/Co(0,9 нм)/MgO(2 нм)/SiO<sub>2</sub>(4 нм). Построены зависимости исследуемых параметров от толщины подслоя платины. Установлено, что плотность пленки платины может изменяться до 25% от объемной плотности, что может быть результатом структурной релаксации слоя. Все пленки состава Pt/Co/MgO и WTe<sub>2</sub>/Pt/Co/MgO демонстрируют перпендикулярную магнитную анизотропию, величина которой сильно зависит от толщины подслоя платины. Пленки, выращенные на слое дителлурида, демонстрируют вдвое меньшую коэрцитивную силу по сравнению с пленками без дителлурида вольфрама. При этом в обоих случаях коэрцитивная сила возрастает на порядок при увеличении толщины платины до 10 нм.

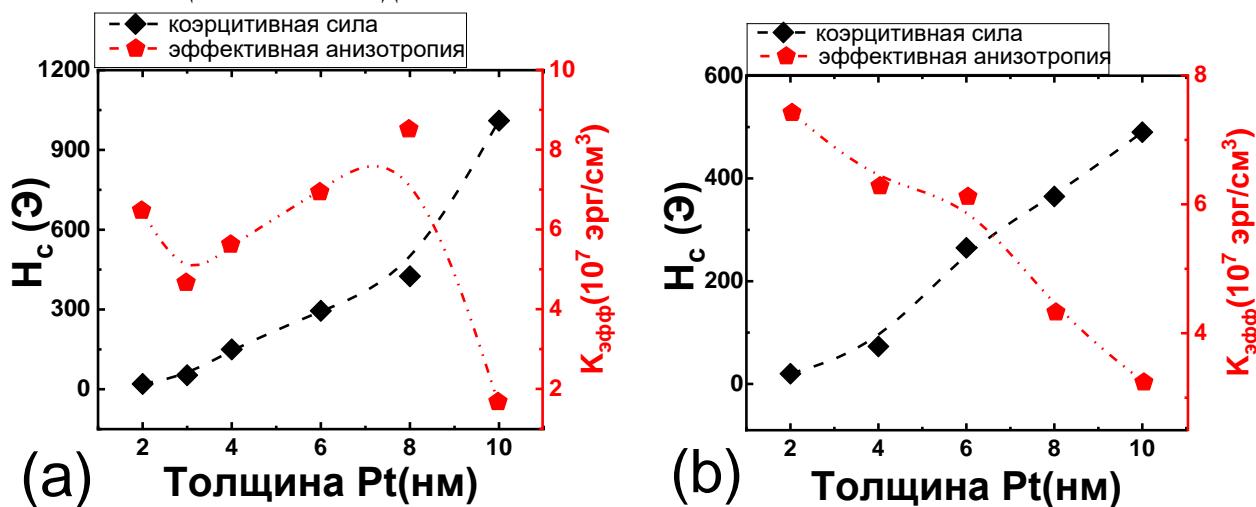


Рисунок 17. Зависимость коэрцитивной силы и эффективной анизотропии от толщины слоя Pt для систем (a) Pt/Co/MgO и (b) WTe<sub>2</sub>/Pt/Co/MgO

*Список литературы*

1. Qidong Xie, Weinan Lin, Baishun Yang et al, Giant Enhancements of Perpendicular Magnetic Anisotropy and Spin-Orbit Torque by a MoS<sub>2</sub> Layer // Advanced Materials 2019 V.31 DOI: 10.1002/adma.201900776

2. Л. Журавлева, П. А. Щур, А. А. Мельников Изучение структурных параметров тонких пленок аналитическими методами //Труды ВИАМ 2019 №6dx.doi.org/ 10.18577/2307-6046-2019-0-6-104-113

---

Прохорова В. И.<sup>1</sup>, Потапова С. Р.<sup>1</sup>, Собиров М. И.<sup>1</sup>

**СИНТЕЗ И МОРФОЛОГИЯ Co/Ni НАНОПРОВОЛОК ТИПА «МЕДУЗА»**

<sup>1</sup>Департамент общей и экспериментальной физики ИНТИПМ ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель – к. ф. – м. н., старший преподаватель А. Ю. Самардак

Объекты различной формы, линейный размер которых варьируется в нанодиапазоне хотя бы по одному из трех измерений, имеют большое значение для современной науки и индустрии. По размерности подразделяются на: нульмерные, одномерные, двумерные и трехмерные. В настоящее время существует много различных методов синтезаnanoобъектов требуемой формы, каждая из которых имеет свои преимущества и находит специфическое применение: в наноэлектронике, например, как носители информации высокой плотности и высокоэффективные электроды [1]. Также такие nanoструктуры могут применяться в биомедицине как источники вторичного облучения в лучевой терапии, средств борьбы с раком путем гипертермии и механического разрушения опухолей [2]. Магнитные nanoструктуры также интересны и с фундаментальной точки зрения, поскольку их магнитные свойства сильно зависят от их формы из-за магнитостатической энергии этой системы.

В этой работе мы представляем синтез и морфологические исследования новых nanoструктур – нанопроволоки типа «медуза» [3], синтезированные с использованием двухслойного пористого шаблона из оксида алюминия. Двухслойные пористые шаблоны получены путем двухэтапного анодирования алюминия в потенциостатическом режиме с использованием щавелевой и ортофосфорных кислот. Анодирование в ортофосфорной кислоте в мягком режиме (напряжение анодирования 150В) позволяет получать пористую матрицу со средним диаметром пор 250 нм, а в щавелевой кислоте в мягком режиме (напряжение анодирования 60В) матрицу со средним диаметром 60нм. Изображение со сканирующего электронного микроскопа на сколе матрицы оксида алюминия представлено на рис.1.

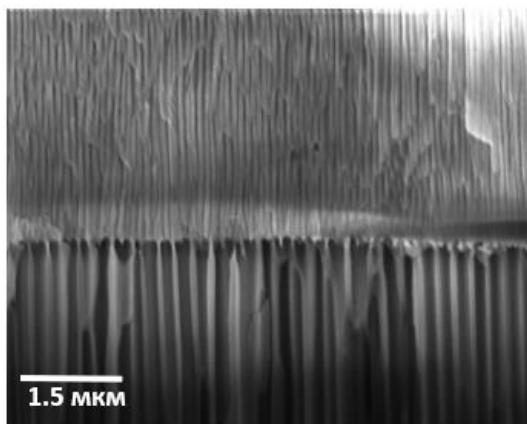


Рисунок 1 – СЭМ изображение двухслойной пористой матрицы на сколе

Верхняя сторона двухслойной пористой матрицы («нога»), средний диаметр пор –  $51 \pm 9$  нм. Нижняя сторона двухслойной пористой матрицы («голова»), средний диаметр пор –  $238 \pm 27$  нм. С использованием двухслойных пористых матриц методом электрохимического осаждения получены

нанопроволок типа «медуза». Электрохимическое осаждение проводилось в два этапа с использованием электрохимической ячейки в гальваниостатическом режиме в растворах с ионами кобальта и ионами никеля. Изображение электроосажденных нанопроволок типа «медуза» со сканирующего электронного микроскопа на сколе матрицы оксида алюминия представлено на рис.2.

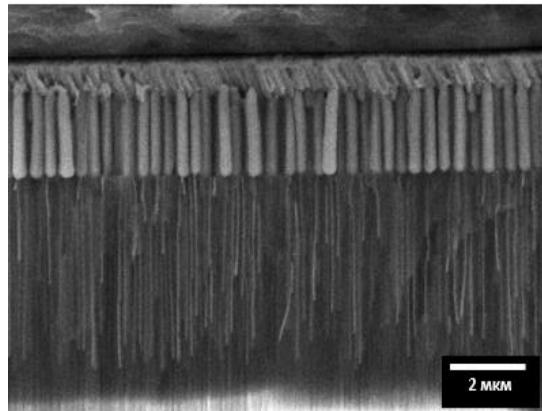


Рисунок 2 – СЭМ изображение электроосажденных нанопроволок на сколе матрицы. Длина «голов» –  $1900 \pm 55$  нм, длина «ног» –  $4663 \pm 1090$  нм.

#### Список литературы

1. Moreno J. A., Bran C., Vazquez M., Kosei J. Cylindrical Magnetic Nanowires Applications // Ieee Transactions on Magnetics. – 2021. – Т. 57, № 4.
2. Mukhtar A., Wu K., Cao X., Gu l. Magnetic nanowires in biomedical applications // Nanotechnology. – 2020. – Т. 31, № 43. – С. 433001.
3. Zhang H., Lin F., Cheng W., Chen Y., Gu N. Hierarchically Oriented Jellyfish-Like Gold Nanowires Film for Elastronics // Advanced Functional Materials. – 2023. – Т. 33, № 2. – С. 2209760.

---

Ривас Д.А.

#### ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОВАЛЕНТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В СИСТЕМЕ ХЛОРОФИЛЛА-А С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА НАИМЕНЬШЕГО ГРАДИЕНТА ПЛОТНОСТИ.

Институт наукоемких технологий и передовых материалов ДВФУ

Научный руководитель – доктор хим. наук, Профессор В.И. Вовна

Для исследования была задана система из 582 атомов в виде шести взаимно связанных молекул хлорофилла в разных конфигурациях (хлорофилла-d, кольцо хлорина Рис.1), с целью определения типа и величины нековалентных взаимодействий с атомом магния. Модель рассчитана методом теория функционала плотности в приближении CAM-B3LYP [1] С базисным набором N31 [2].

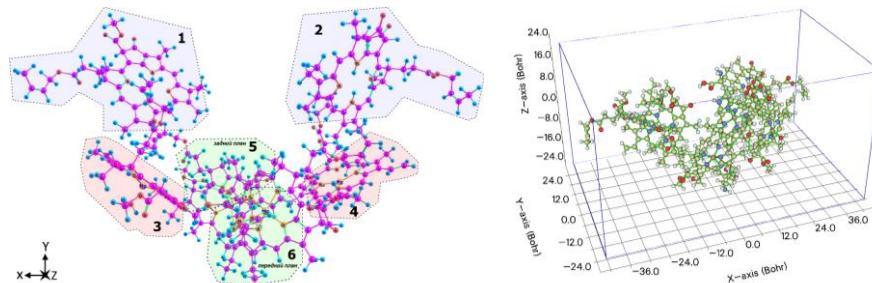


Рисунок 1 - Исследуемая система из шести взаимно связанных молекул хлорофилла в разных конфигурациях

Для определения вида и расположения нековалентных взаимодействий (НКВ Анг. NCI ) используется метод наименьшего градиента плотности (Анг. RDG = Reduce Density Gradient) [3], в нем определяются критические места в пространстве (соотношение максимума и минимума плотностей со значением плотности в точке) в приближении про-молекулярная плотность зарядов (где плотность  $\rho(r)$ дается как сумма волновых функций занятых молекулярных орбиталей) .

$$\rho(r) = \sum_i \eta_i |\varphi_i(r)|^2 = \sum_i \eta_i |\sum_j C_{j,i} \chi_j(r)|^2$$

$$\sigma(r) = \frac{|\nabla \rho(r)|}{2(3\pi^3)^{1/3} \rho(r)^{4/3}}$$

где  $\eta_i$  - коэффиц. заселённости i-й орбитали ,

$\varphi_i(r)$  - волновая функция орбитали,

$\chi$  - базисная функция

$C_{ij}$  - матричный элемент i-й строки j-го столбца, который соответствует коэффициенту разложения j-й орбитали относительно базисной функции i.

Для более точного определения вида и силы взаимодействий с акцептором магния мы предопределили область расчета RDG в виде куба с размером стороны 5 bohr, у которого геометрический центр совпадает с серединой между атомами азота и магния шестого (6) молекулы (Рис 1), а также была рассчитана плотность и градиент RDG молекул относительно плоскости пересекающей азоты, окружающие магний (Рис 3).

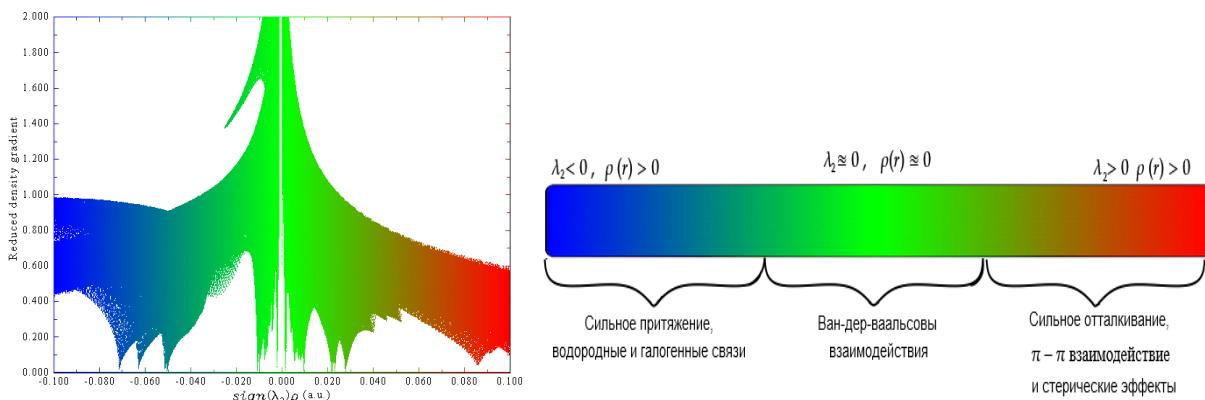


Рисунок 2 - Картина NCI для исследуемой области в зависимости от плотности и знака второго собственного значения гессиана электронных плотностей  $\sigma(sign(\lambda_2)\rho)$

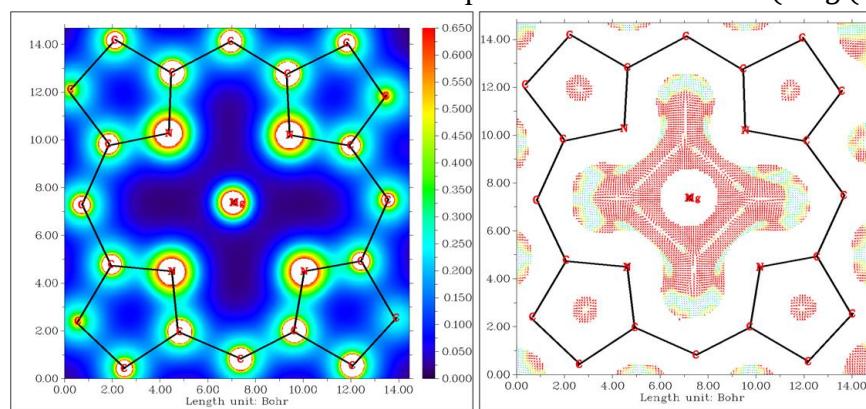


Рисунок 3 - Про-молекулярная плотность электронов (а) и RDG (б) относительно плоскости пересекающей азоты окружающие магний

В NCI картине наблюдается сильное притяжение ( $\text{sing}(\lambda_2) \rho(r) < -0.040$ ) по сравнению с димером водорода на расстояние  $1,8 \text{ \AA} \approx 3,5527 \text{ bohr}$  [3] вблизи атома магния которое отражается в градиенте RDG рассчитанном на плоскости (Рис 3). Наблюдения аналогично присутствуют в третьей (3), четвертой (4), пятой (5) и шестой (6) молекуле (Рис. 1), где присутствует магний.

#### Список литературы

1. Takeshi Yanai, David P Tew, Nicholas C Handy / A new hybrid exchange–correlation functional using the Coulomb-attenuating method (CAM-B3LYP) / Chemical Physics Letters / V 393, 1–3 / 2004 / стр 51-57 / DOI: j.cplett.2004.06.011.
2. R. Ditchfield, W. J. Hehre, J. A. Pople / Self-Consistent Molecular-Orbital Methods. IX. An Extended Gaussian-Type Basis for Molecular-Orbital Studies of Organic Molecules / J. Chem. Phys / V 54 (2) /1971/стр 724–728 / <https://doi.org/10.1063/1.1674902>
3. Gabriele Saleh, Carlo Gatti, Leonardo Lo Presti / Non-covalent interaction via the reduced density gradient: Independent atom model vs experimental multipolar electron densities / Computational and Theoretical Chemistry / V. 998 / 2012 / стр 148-163 / ISSN 2210-271X / <https://doi.org/10.1016/j.comptc.2012.07.014>.

---

Рогачев К. А.<sup>1</sup>, Самардак А. Ю.<sup>1</sup>, Базров М. А.<sup>2</sup>, Шишлов А. Ф.<sup>2</sup>, Самардак А. С.<sup>1</sup>, Огнев А. В.<sup>1</sup>

## ЗАВИСИМОСТЬ СВОЙСТВ МАГНИТНЫХ ТОНКИХ ПЛЁНОК ОТ НАНОРАЗМЕРНОГО РЕЛЬЕФА

<sup>1</sup> Департамент общей и экспериментальной физики ИНТИПМ ДВФУ

<sup>2</sup> Лаборатории плёночных технологий ИНТИПМ ДВФУ

В настоящее время существует постоянно растущий спрос на увеличение плотности и уменьшение времени доступа и энергопотребления устройств памяти. Магнитные материалы с сильной перпендикулярной магнитной анизотропией (ПМА), обладают более подходящими качествами по сравнению с материалами с плоской анизотропией для жестких дисков и устройств магниторезистивной оперативной памяти и успешно коммерциализируются в последнее десятилетие [1]. В недавней работе было показано, что такие структуры могут быть использованы в качестве элемента устройства памяти, основанной на переносе спинового момента (STT-MRAM) [2].

Шероховатость поверхности значительно влияет на перпендикулярную магнитную анизотропию [3], но влияние нанорельефа на ПМА слабо изучено. Нами было изучено влияние наноразмерного рельефа на проявление эффекта ПМА.

В качестве модуляции рельефа поверхности были использованы матрицы анодированного оксида алюминия. Синтез таких матриц протекает в несколько этапов, на некоторых из них можно получить поверхность, представляющую из себя упорядоченно расположенные нанокупола и нанократеры, параметры которых (перепад высот и плоскостные размеры) могут быть изменены варьированием параметров синтеза (напряжения и среды анодирования).

В ходе исследования была подготовлена серия образцов тонких плёнок состава Pt(40)/Co(7)/Pt(20) методом магнетронного распыления (Omicron) на подложках с модуляцией нанорельефа, в качестве которых выступали нанокупола и нанократеры различных диаметров и высот. Подложки были подготовлены методом электрохимического анодирования алюминия. Также был подготовлен образец на подложке оксидированного кремния с плёнкой того же состава для использования его в качестве референсного. Морфология поверхности представлена на рисунке 1.

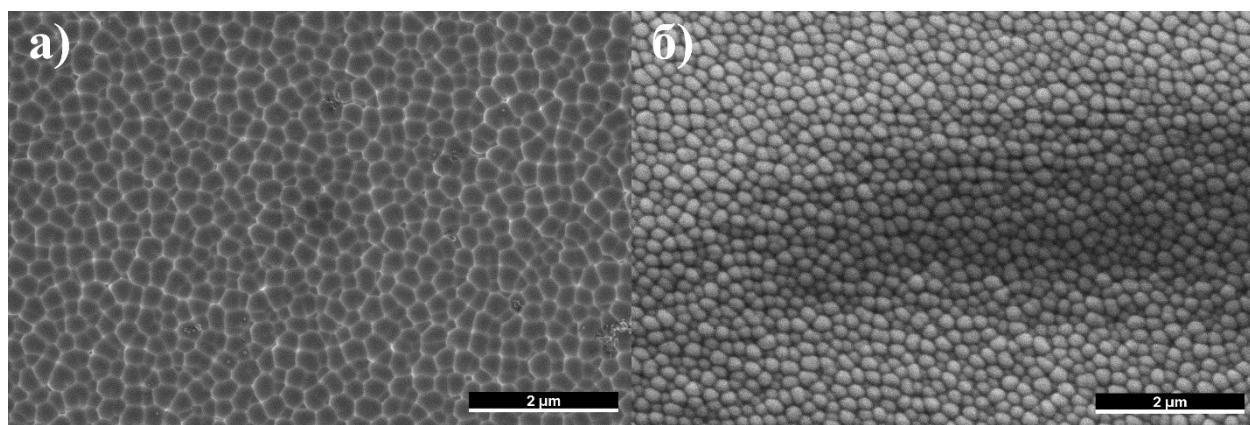


Рис. 1. СЭМ изображения поверхности нанорельефа: а) нанократеры, б) нанокупола

Изучение морфологии и нанорельефа поверхности подложек проводилось методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ, ThermalScientific SCIOS 2) и атомно-силовой микроскопии (ACM, NT-MDT NTEGRA Aura). Магнитные свойства плёнок были изучены методом вибрационной магнитометрии (BCM, LakeShore VSM 7410). Для визуализации магнитной конфигурации была использована магнито-силовая микроскопия (ACM, NT-MDT NTEGRA Aura). Также было проведено микромагнитное моделирование процессов перемагничивания в программном пакете MuMax3.

По результатам исследования было выявлено значительное влияние диаметров и высот нанокуполов и нанократеров на магнитные свойства образцов.

Исследование выполнено при поддержке Минобрнауки России по государственному заданию (проект № FZNS-2023-0012).

*Список литературы:*

1. B. Tudu, A. Tiwari Recent Developments in Perpendicular Magnetic Anisotropy Thin Films for Data Storage Applications // Vacuum. - 2017. - 146. -p. 329–341.
2. S. Wasef and H. Fariborzi Theoretical Study of Field-Free Switching in PMA-MTJ Us-ing Combined Injection of STT and SOT Currents // Micromachines. - 2021. - 12. - 1345.
3. M.T. Johnson, R. Jungblut, P.J. Kelly, F.J.A. den Breder Perpendicular magnetic anisotropy of multilayers: recent insights // J. Magn. Magn. Mater. - 1995. - 148. -p. 118–124.

---

Саповский И.М.<sup>1</sup>, Ильин Н.В.<sup>1</sup>, Крайнова Г.С.<sup>1</sup>, Рахматуллаев Т.Р.<sup>1</sup>

**КОЭРЦИТИВНАЯ СИЛА В КАЧЕСТВЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ИЗМЕНЕНИЙ СТРУКТУРЫ В ПРОЦЕССЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ АМОРФНЫХ И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ НА ПРИМЕРЕ БЫСТРОЗАКАЛЕННЫХ ЛЕНТ Fe-Cu-Nb-Si-B.**

<sup>1</sup>Департамент общей и экспериментальной физики ИНТИПМ ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель – к.ф.-м.н., профессор Г.С. Крайнова

В работе методами дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК, DSC 404 F1 Pegasus Netzsch), вибрационного магнитометра исследованы быстрозакаленные сплавы  $Fe_{74}Cu_1Nb_3Si_{16}B_6$  и  $Fe_{73.5}Cu_1Nb_3Si_{13.5}B_9$ . Измерение коэрцитивной силы отожженных образцов проводилось при комнатной температуре после отогрева и кратковременной выдержки при температуре  $T_{an}$ . Целевая температура  $T_{an}$  достигалась за 7 минут, время выдержки составило не более 1 минуты, процесс остывания занимал

около 4-х минут. Исследование доменной структуры образцов проводилось на Керр-микроскопе Evico Magnetics GmbH с оптической линзой Zeiss 20x.

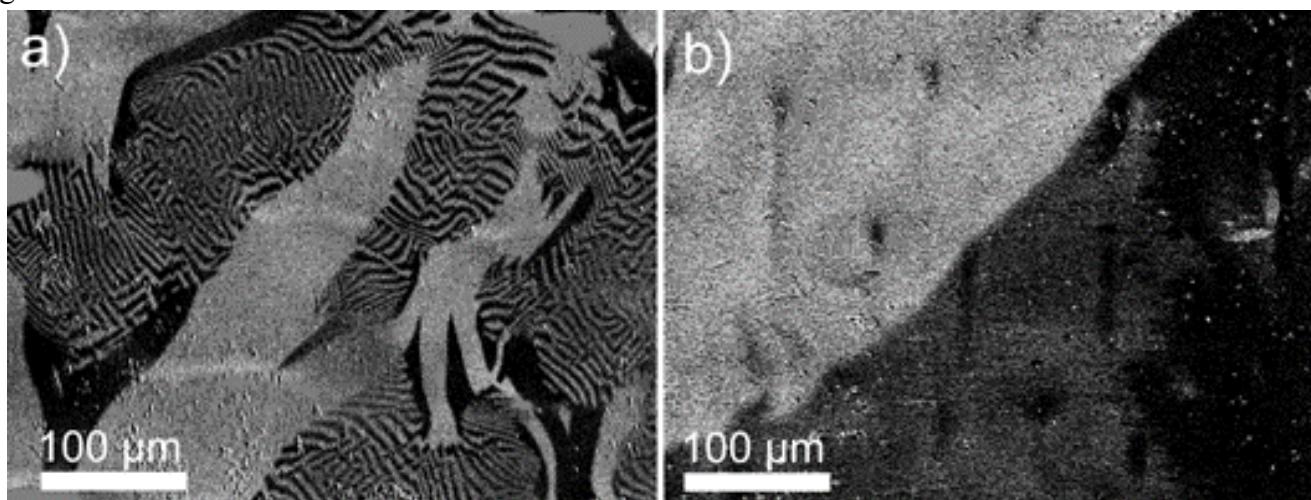


Рисунок 1 – Доменная структура сплава  $\text{Fe}_{74}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{16}\text{B}_6$  в исходном состоянии (а) и после отжига при температурах 653 К (380 °C) (б).

Наблюдаемая доменная структура лент исследуемых сплавов Fe-Cu-Nb-Si-B в исходном состоянии (Рис. 1а) типична для магнитных материалов, полученных методом быстрой закалки [1], и представлена двумя составляющими. Первая составляющая – широкие плоскостные домены, направленные вдоль оси ленты; вторая составляющая - островковые лабиринтные домены [1,2].

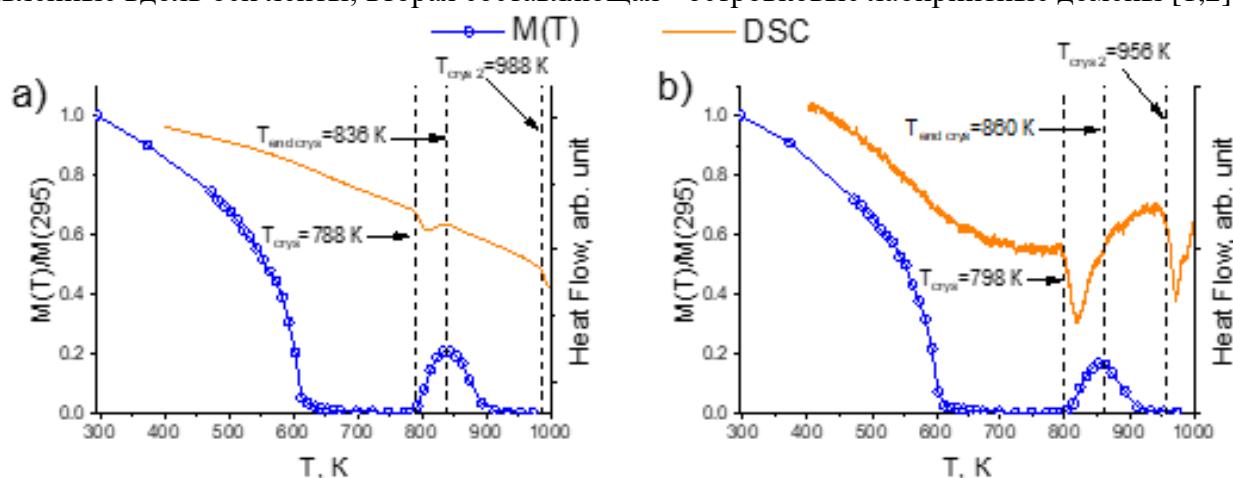


Рисунок 2 – Зависимости приведенной намагниченности от температуры и ДСК-кривые для сплавов (а)  $\text{Fe}_{74}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{16}\text{B}_6$  и (б)  $\text{Fe}_{73.5}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13.5}\text{B}_9$ .

Отжиг при температуре  $T_{\text{an}} = 653$  К (380 °C), рис. 1б, приводит к снятию механических напряжений, что отображается в исчезновении лабиринтных доменов. Как будет показано далее на Рис. 2, температура начала кристаллизации  $T_{\text{crys}}$  исходного аморфного сплава выше использованной температуры отжига  $T_{\text{an}}$ . Таким образом, исчезновение лабиринтной структуры на рисунках 1(б) с отжигом связано с релаксацией механических напряжений при сохранении аморфного состояния ленты.

Температуры начала кристаллизации  $T_{\text{crys}}$ , определённые из ДСК-кривой, совпадают с  $T_{\text{crys}}$ , определенными из термомагнитного анализа (Рис. 2): 788 К для  $\text{Fe}_{74}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{16}\text{B}_6$  и 798 К для  $\text{Fe}_{73.5}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13.5}\text{B}_9$ .

В поведении коэрцитивной силы  $H_c$  от температуры отжига  $T_{\text{an}}$  можно выделить 4 этапа структурных изменений (Рис. 3) пронумерованных от I до IV в последовательности снижение-рост-снижение-рост наблюдаемой при росте  $T_{\text{an}}$ .

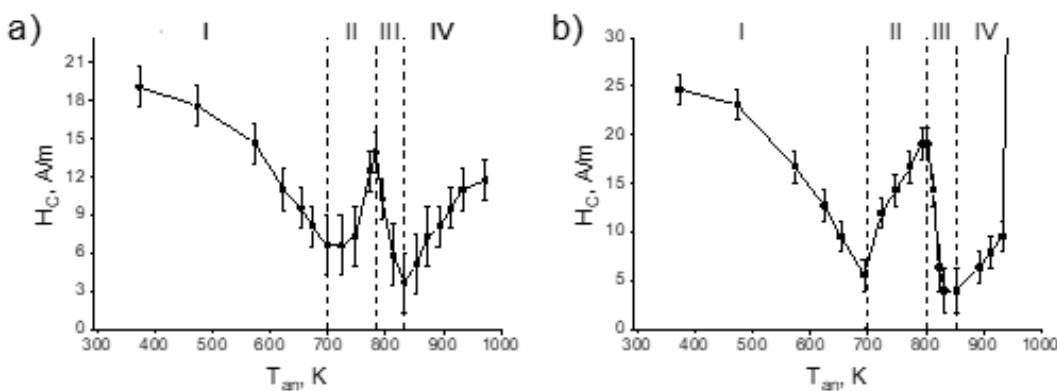


Рисунок 3 – Зависимость коэрцитивной силы от температуры отжига для сплавов Fe-Cu-Nb-Si-B:  
 (a)  $\text{Fe}_{74}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{16}\text{B}_6$  и (b)  $\text{Fe}_{73.5}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13.5}\text{B}_9$ .

I этап. Как показано выше, в неотожженом сплаве присутствуют закалочные напряжения, что приводит к затруднению движения доменных границ и увеличению коэрцитивной силы. Отжиг при температурах ниже температуры начала кристаллизации  $T_{\text{crys}}$  способствует релаксации механических напряжений, Рис. 1, и, как следствие, уменьшению коэрцитивной силы быстрозакаленных сплавов на первом этапе.

II этап. Коэрцитивная сила достигает минимума при температурах порядка 700 К и составляет порядка 8 А/м, Рис. 3. Однако после этого возникает достаточно резкое увеличение  $H_C$  вплоть до температур начала кристаллизации, где её значение становится соизмеримо со значением исходного неотожжённого сплава. Подобное поведение  $H_C$ , на наш взгляд, может быть связано с расслоением сплава в аморфном состоянии на области с различным химическим и топологическим порядками, которое неизбежно должно предшествовать началу кристаллизации сопровождаемому пространственным перераспределением элементов в сплаве [3]. Такое расслоение в сплавах Fe-Cu-Nb-Si-B должно усиливаться с ростом температуры также за счет возникновения медных кластеров [2,4,5], формируя области с высоким содержанием кремния и/или бора.

III этап. При дальнейшем отжиге, Рис. 3, происходит резкое падение коэрцитивной силы в процессе кристаллизации сплава. Учитывая, что согласно модели случайной магнитной анизотропии, в нанокристаллическом сплаве  $H_C \propto K_1^4 D^6$  [6,7], наблюдаемое на третьем этапе снижение  $H_C$  естественно связать с резким уменьшением константы локальной анизотропии  $K_1$ .

IV этап. Дальнейший отжиг при температурах выше  $T_{\text{end crys}}$  приводит к увеличению коэрцитивной силы, Рис. 3. Поскольку ДСК-кривые, Рис. 2, указывают на отсутствие структурных превращений в диапазонах температур от 836К до 988К для сплава  $\text{Fe}_{74}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{16}\text{B}_6$  и от 860К до 956К – для  $\text{Fe}_{73.5}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13.5}\text{B}_9$ , то количество кристаллической фазы в них остается без изменений. Однако достаточно высокие температуры активируют диффузационные процессы внутри сплава. Это приводит к процессу перераспределения закристаллизованного вещества, что в свою очередь становится причиной увеличения размера нанокристаллов  $D$ , и тем самым обуславливает увеличение коэрцитивной силы, поскольку  $H_C \propto D^6$  [6–8].

Дальнейший нагрев сплава  $\text{Fe}_{73.5}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13.5}\text{B}_9$  до температур выше 965К, приводит к началу второго этапа структурной релаксации, связанной с кристаллизацией остаточной аморфной матрицы, что сопровождается ростом коэрцитивной силы  $H_C$  до 80÷160 А/м.

#### Список литературы

1. Schäfer R. Domains in ‘extremely’ soft magnetic materials // J. Magn. Magn. Mater. 2000. Vol. 215–216. P. 652–663.

2. Yoshizawa Y. Magnetic Properties and Microstructure of Nanocrystalline Fe-Based Alloys // Mater. Sci. Forum. 1999. Vol. 307. P. 51–62.
3. Глазер А.М., Шурыгина Н.А. Аморфно-нанокристаллические сплавы. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2013. 450 р.
4. Willard M.A., Daniil M. Nanocrystalline Soft Magnetic Alloys Two Decades of Progress. 2013. P. 173–342.
5. Yoshizawa Y., Oguma S., Yamauchi K. New Fe-based soft magnetic alloys composed of ultrafine grain structure // J. Appl. Phys. 1988. Vol. 64, № 10. P. 6044–6046.
6. Herzer G. Grain size dependence of coercivity and permeability in nanocrystalline ferromagnets // IEEE Trans. Magn. 1990. Vol. 26, № 5. P. 1397–1402.
7. Alben R., Becker J.J., Chi M.C. Random anisotropy in amorphous ferromagnets // J. Appl. Phys. 1978. Vol. 49, № 3. P. 1653–1658.
8. Herzer G. Modern soft magnets: Amorphous and nanocrystalline materials // Acta Mater. 2013. Vol. 61, № 3. P. 718–734.

---

Силина С.К.<sup>1</sup>, Турпак А.А.<sup>1</sup>, Шишлов А.Ф.<sup>1</sup>

## ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАГНИТНЫХ ХОЛЛ-СТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ ЧЕШУЕК ГРАФИТА

<sup>1</sup>Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ

<sup>1</sup>Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Давыденко А.В.

Эффект передачи углового момента (SOT эффект) проявляется во взаимодействии между спиновым и орбитальным движением электрона в атоме. Когда электрон движется вокруг ядра атома, его орбитальное движение создает магнитное поле. Это магнитное поле взаимодействует со спином электрона, вызывая изменение энергии его спиновой ориентации. Данный эффект оказывает большое влияние на магнитотранспортные свойства наносистем. С помощью спин-орбитального взаимодействия можно преобразовать зарядовый ток в спиновый и, таким образом, управлять намагниченностью систем посредством пропускания вдоль них зарядового тока. Такой способ управления ориентацией намагниченности является перспективным для создания устройств энергонезависимой магнитной оперативной памяти (MRAM), гибридных устройств "логика-в-памяти" (logic-in-memory) и нейроморфных вычислителей. SOT эффект позволяет перемагничивать среды с перпендикулярной и комбинированной анизотропиями. Эти преимущества делают SOT эффект привлекательным для приложений как со стороны исследователей, так и индустрии.

Первоначально устройства SOT состояли из трехслойных структур, в которых между слоями тяжелого металла и диэлектрика был расположен слой ферромагнетика. На сегодняшний момент известно о большом количестве SOT-устройств на основе различных классов материалов. Для изготовления энергонезависимой магнитной памяти интересны такие материалы, как топологические изоляторы, Ван-дер-Ваальсовские материалы, дихалькогениды переходных металлов, а также интересен графен в сочетании с вышеперечисленными материалами [1].

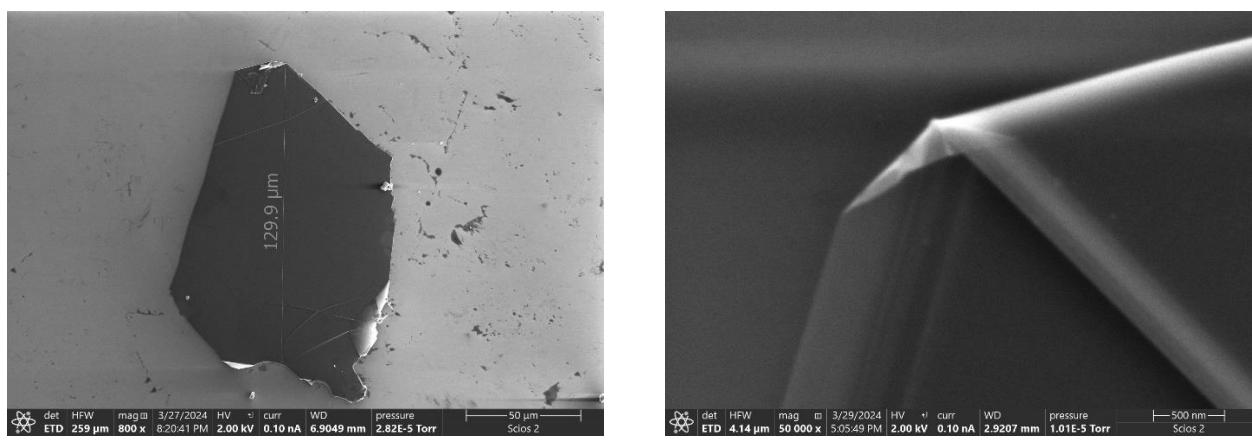


Рисунок 1 – (а) СЭМ-изображение графитовой чешуйки с размерами;  
(б) СЭМ-изображение края графитовой чешуйки.

Методы подготовки тонких двумерных материалов включают в себя механическое отслаивание, химическое осаждение и магнетронное распыление. В настоящий момент механическое отслаивание является одним из основным способом получения атомарно тонких чешуек двумерных материалов, пригодных для исследования SOT эффекта, так как такие чешуйки характеризуются совершенной кристаллической структурой. Чешуйки графита также можно перенести на подложку методом механического отслаивания (Рис. 1).

Главной целью данной работы является отработка полного технологического цикла напыления функциональной пленки на поверхность двумерной чешуйки и изготовление из нее холл-структур. В данный технологический цикл входит напыление слоев Pt(40 Å)/Co(7 Å)/Pt(30 Å) на установке магнетронного напыления на поверхность чешуек, создание Холл-структур с помощью лазерной литографии и ионно-плазменного травления, изучение качества структур с помощью сканирующего электронного микроскопа и анализ магнитных свойств образцов с помощью Керр-микроскопии. Помимо установок, примененных для отработки технологического цикла, были использованы и другие установки для контроля процесса изготовления холл-структур, например, атомно-силовая микроскопия.

На первом этапе были отработаны параметры экспозиции лазерной литографии, при которых достигалась максимальная резкость засвеченной области в фоторезисте. При этом пленка фоторезиста засвечивалась полностью по всей толщине. На втором этапе на подложку оксидированного кремния с чешуйками была осаждена магнитная пленка Pt/Co/Pt. Пленка, осажденная на поверхность чешуйки, демонстрировала перпендикулярную магнитную анизотропию, что подтверждается прямоугольной петлей магнитного гистерезиса, измеренной в перпендикулярных магнитных полях (Рис. 2(а)). На третьем этапе из пленки на чешуйке графита была сформирована Холл-структура (Рис. 2(б)). Магнитные свойства Холл-структур сравнивались с магнитными свойствами неструктурированной пленки на графите.

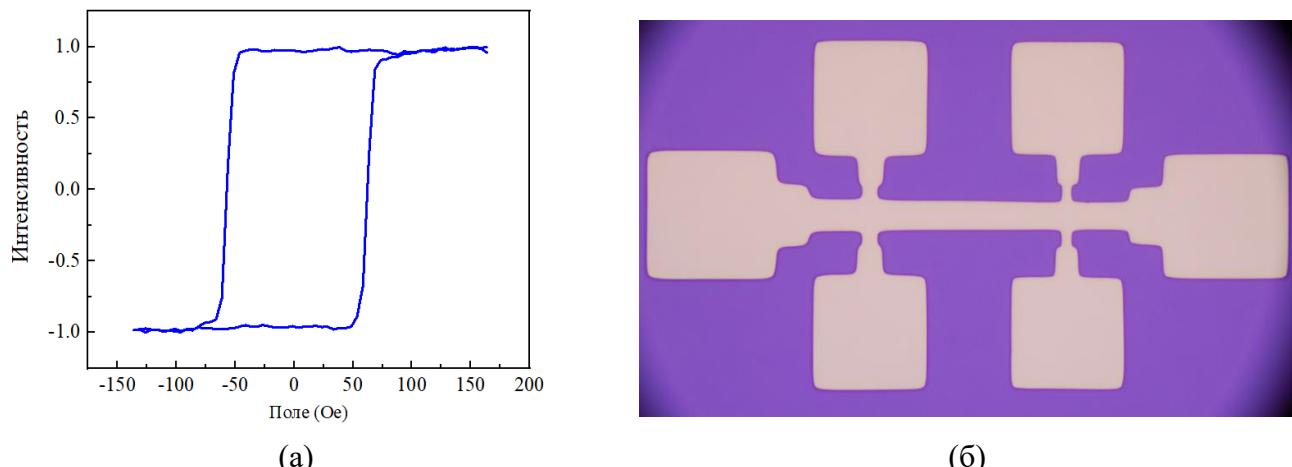


Рисунок 2 – (а) Магнитная петля гистерезиса измеренная перпендикулярно плоскости образца; (б) Холл-структура, изготовленная на проекционной литографии на 100х увеличении

В результате была отработана технология изготовления Холл-структур из пленок, выращенных на поверхности чешуек графита. Данная технология будет использована при работе с чешуйками любых перспективных двумерных материалов, в том числе для измерения аномального Холл-эффекта и величины SOT-эффекта в исследуемых структурах.

*Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования России в рамках госзадания, проект № FZNS-2023-0012.*

#### *Список литературы*

1. Ткачев С.В., Буслаева Е.Ю., Губин С.П. Графен – Новый углеродный наноматериал. // Неорганические материалы. 2011. т. 47. № 1. с. 5-14.

---

Турпак А.А., Базров М.А., Кузнецова М.А., Намсараев Ж.Ж., Черноусов Н.Н., Козлов А.Г.  
Силина С.К.

### **ФОРМИРОВАНИЕ АСИММЕТРИЧНЫХ СИСТЕМ СО ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ ДЗЯЛОШИНСКОГО-МОРИЯ И SOT-ЭФФЕКТОМ**

<sup>1</sup>Департамент общей и экспериментальной физики ИНТИПМ

<sup>1</sup>Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Давыденко А.В.

Для создания высокоплотных устройств магнитной записи и хранения информации, которые могут управляться электрическим током без применения магнитных полей, необходимо индуцировать в тонкопленочной магнитной среде перпендикулярную магнитную анизотропию, взаимодействие Дзялошинского-Мория (ВДМ) и SOT (Spin Orbit Torque) - эффект.

Взаимодействие Дзялошинского-Мория – это антисимметричное обменное взаимодействие между двумя соседними магнитными спинами.

SOT-эффект – это эффект управления намагниченностью в тонкой пленке ферромагнетика с помощью спин-орбитального крутящего момента, создаваемого потоком движущихся электронов через слой тяжелого металла.

Энергию ВДМ можно измерить с помощью 1) Бриллюэновского рассеяния света, 2) исследований динамики доменных границ под действием комбинации внешних магнитных полей и 3) SOT-эффекта в присутствии плоскостного магнитного поля, 4) микромагнитного моделирования доменной структуры и

др. Перспективным является второй метод из-за простоты реализации, однако результаты измерений зависят от режима динамики доменных границ. Поэтому актуальной задачей является исследование системы с ВДМ разными методами и сравнение полученных результатов, чтобы определить применимость того или иного метода. Чтобы использовать 3) метод необходимо, чтобы в исследуемой системе присутствовали одновременно ВДМ и SOT-эффект. В качестве исследуемых систем были выбраны Pt/Co/Pt как референсная система для определения толщин слоев, при которых наблюдается ПМА, и две асимметричные системы Pt/Co/W и Pt/Co/GdOx.

В ходе исследования магнитных параметров пленок Pt/Co/Pt с изменяющейся толщиной слоя Co от 2 до 11 Å выявлено, что наибольшая ПМА наблюдается в образце Pt(40 Å)/Co(7 Å)/Pt(20 Å). Поле ПМА в данном образце составляет 680 мТл, что обеспечивает возможность наблюдения крупных круглых доменов с помощью оптического Керр-микроскопа. Коэрцитивная сила данного образца составляет 17 мТл. Для образцов Pt(40 Å)/Co(7 Å)/Pt(20 Å) и Pt(100 Å)/Co(7 Å)/Pt(20 Å) были проведены эксперименты по изучению скоростей движения доменных стенок при приложении магнитных полей рис 1 (а-б). Анализ показал отсутствие смещений минимумов, что свидетельствует о пренебрежимо малом ВДМ в данной системе.

Исследование петель магнитного гистерезиса рис. 2(а-в) показало, что использование тонкого слоя W толщиной от 2 до 4 Å поверх слоя Co в образцах Pt(40 Å)/Co(7 Å) в качестве источника спинового тока приводит к изотропности петель и отсутствию ПМА в образцах. Предполагается, что W перемешивается со слоем Co, образуя немагнитный слой.

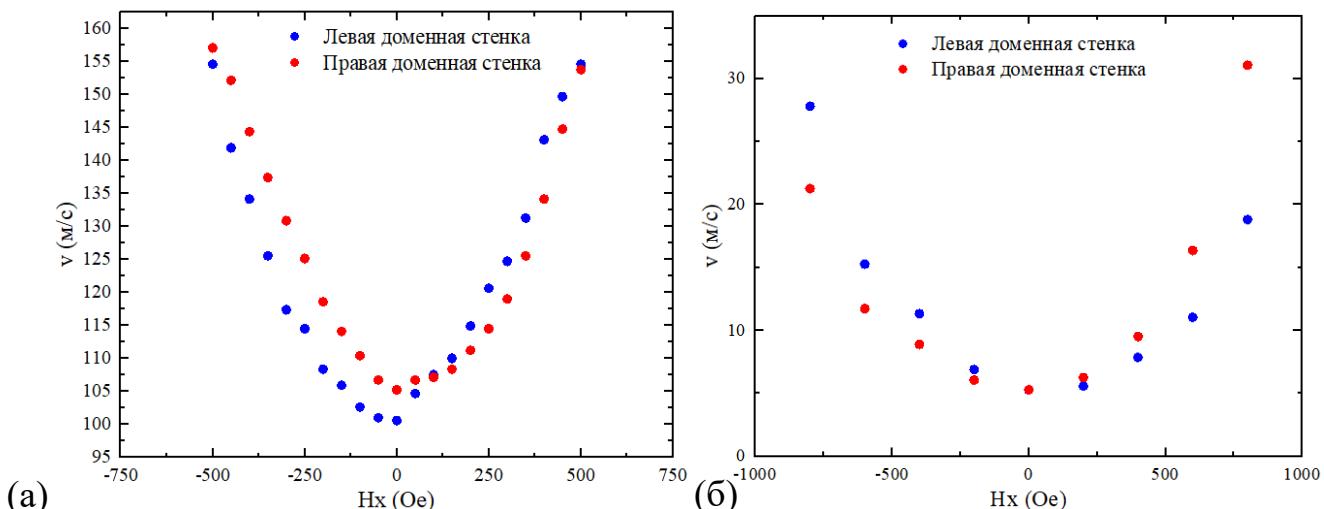


Рисунок 1 – Зависимости скоростей доменных границ от приложенного поля в плоскости  
 (а) Pt(40 Å)/Co(7 Å)/Pt(20 Å) и (б) Pt(100 Å)/Co(7 Å)/Pt(20 Å)

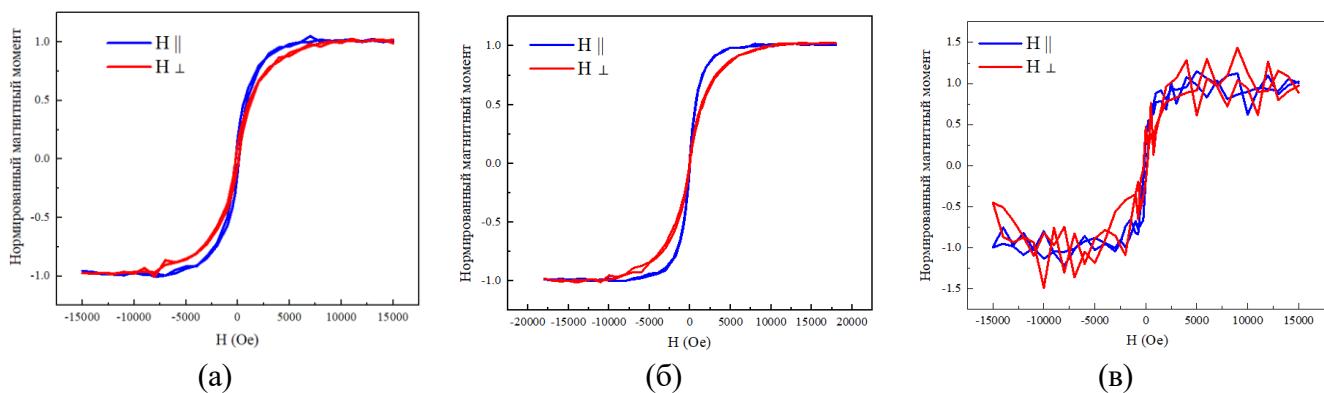


Рисунок 2 – Петли магнитного гистерезиса для образцов со структурой слоев  
 (а) Pt(40 Å)/Co(7 Å)/W(2 Å)/Pt(20 Å), (б) Pt(40 Å)/Co(7 Å)/W(4 Å)/Pt(20 Å), (в) Pt(40 Å)/Co(7 Å)/W(20 Å)

В системе Pt(40 Å)/Co(7 Å)/Gd(1-5 Å)/Pt(20 Å) наблюдается уменьшение поля магнитной анизотропии вдвое при толщине слоя Gd, равной 5 Å по сравнению с образцом, в котором Gd отсутствовал. При увеличении толщины слоя Gd до 20 Å петли магнитного гистерезиса становятся практически изотропными, а при дальнейшем увеличении толщины Gd до 30 Å анализ петель становится затруднительным из-за слабого ферромагнитного сигнала. Очевидно, что Gd в процессе осаждения перемешивается со слоем Co, образуя ферримагнитный сплав со слабой намагниченностью. Окисление верхнего слоя приведет к формированию системы со сложной структурой верхних слоев Pt/Co/Co<sub>x</sub>Gd<sub>y</sub>O<sub>(1-x-y)</sub>, в то время как задачей было получение системы Pt/Co/GdO<sub>x</sub>. В дальнейшем для решения поставленной задачи предполагается изменить технологию окисления слоя Gd и оксидировать Gd при напылении, производя магнетронное распыление Gd в кислородной плазме [1].

*Исследование выполнено при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания (проект № FZNS-2023-0012).*

#### *Список литературы*

1. Satoru Emori. Interfacial current-induced torques in Pt/Co/GdO<sub>x</sub> / Satoru Emori, David C. Bono, and Geoffrey S. D. Beach// Applied Physics Letters – 2012. – Vol. 101. – P. 042405.

---

Черноусов Н.Н.

## **ОТЖИГ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ Si(111) И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА МОРФОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТИ**

Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент А.В. Давыденко

Управляемое движение магнитными доменными границами очень привлекательно ввиду их потенциального применения в новом типе энергонезависимой памяти, такой как память на беговой дорожке [1]. Однако динамика движения доменных границ чувствительна к неоднородностям кристаллической структуры магнитной плёнки. Особенно это заметно в монокристаллических пленках, выращенных методом молекулярно-лучевой эпитаксии, в которых от чистоты подложки зависит весь дальнейший рост плёнки. Поэтому очень важно отработать технологию отжига подложки.

В этой работе изучается поверхность Si(111) при разных температурах отжига. Все подложки Si(111) отжигались при давлении не превышающем  $5 \times 10^{-10}$  Торр. Температура отжига варьировалась от 870 до 1250 °C, которая оценивалась с помощью яркостного оптического пиromетра и задавалась плотностью пропускаемого постоянного тока. Зависимость температуры подложки Si(111) от плотности тока представлена на рисунке 1а. В интервале температур от 870 до 1100 °C наблюдаются нерегулярные ступени Si со случайно расположенными островками высотой около 9 нм (рис. 1б). При больших температурах (1100–1250 °C) наблюдаются только моноатомные регулярные ступени Si с крупными доменными границами, в которые встроились атомы тяжёлых металлов (рис. 1в) [2].

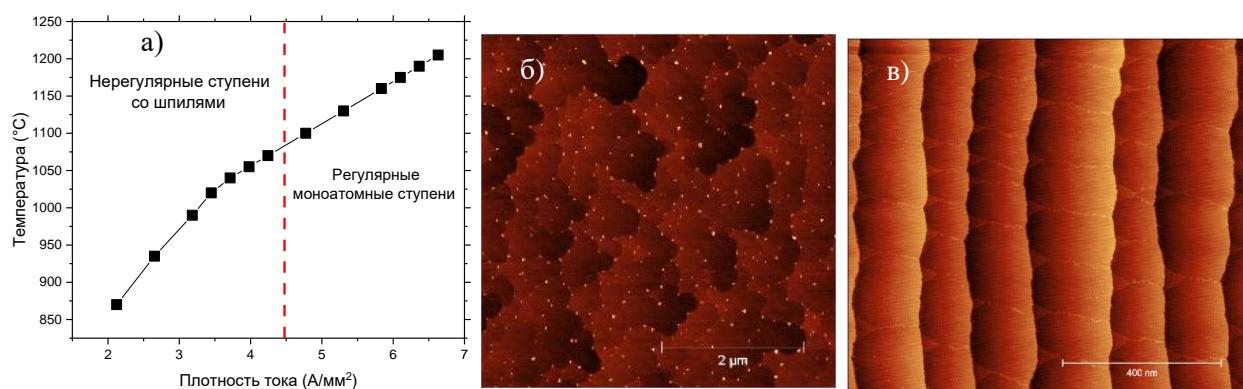


Рисунок 1 – а)Зависимость температуры отжига от плотности тока, пропускаемого через подложку Si.  
б) 5х5 мкм АСМ-изображение поверхности Si(111), отожжённого при температуре 970 °C.  
в) 1х1 мкм СТМ-изображение поверхности Si, отожжённого при температуре 1130 °C.

Увеличение температуры в диапазоне от 870 до 1100 °C увеличивает периодичность ступеней и островков, что хорошо видно на рисунках 2а и 2б. Увеличение же температуры в диапазоне, в котором наблюдаются регулярные моноатомные ступени не приводит к заметному изменению периода ступеней, но меняет площадь доменных границ (рисунок 2в и г).

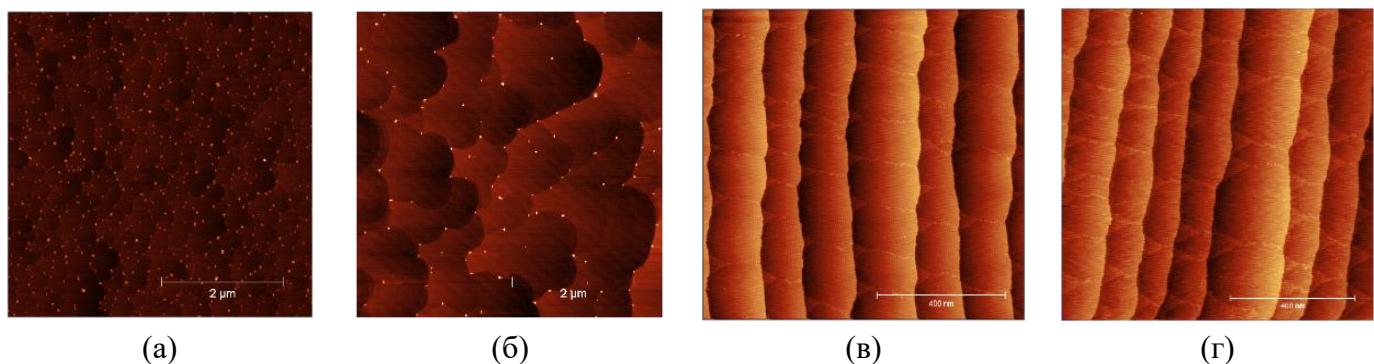


Рисунок 2 – 5х5 мкм АСМ-изображения поверхностей Si(111), отожжённого при температурах а) 990, б) 1050 °C и 1х1 мкм СТМ изображения поверхностей Si(111), отожжённого при температурах в)1130, г) 1190 °C

На подложки Si, отожженные при различных температурах, относящихся к температурному диапазону, в котором наблюдаются регулярные моноатомные ступени Si, наносились пленки состава Cu(2 нм)/Pd(3 нм)/Co(0.7 нм)/Pd(3 нм). На рисунке 3 видно, что температура отжига Si сильно влияет на анизотропию распространения магнитных доменных границ в плоскости образца, что предположительно связано с изменением размеров доменных границ, связанных с электромиграцией атомов тяжелых металлов по поверхности Si.

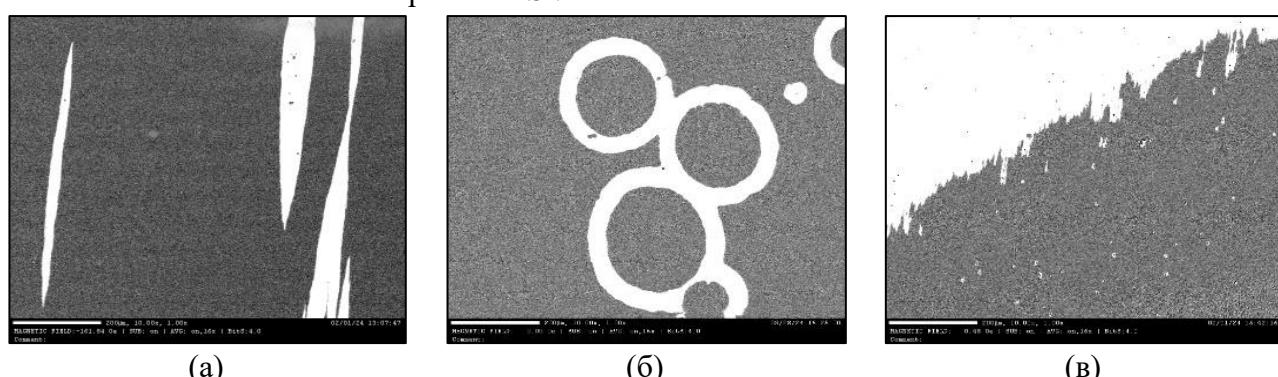


Рисунок 3 – Магнитооптические изображения пленок Cu(2 нм)/Pd(3 нм)/Co(0.7 нм)/Pd(3 нм), выращенных на поверхности Si(111), отожжённого при а) 1130, б) 1150, в) 1190 °C

Исследование выполнено при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания (проект № FZNS-2023-0012).

*Список литературы*

1. S. Parkin. Memory on the racetrack / S. Parkin, S.-H. Yang // Nat. Nanotech. – 2015. – Vol. 10. – P. 195-198
2. Q.J. Gu. Investigation of atom-resolved domain boundaries on Si(111)7 × 7 surfaces by scanning tunneling microscopy / Q.J. Gu, Z.L. Ma, N. Liu et al. // Surf. Sci. – 1995. – Vol. 327. – P. 241-247

---

Шишев А.Ф.<sup>1</sup>, Черноусов Н.Н.<sup>1</sup> Турпак А.А.<sup>1</sup>, Кузнецова М.А.<sup>1</sup>, Намсараев Ж.Ж.<sup>1</sup>, Козлов А.Г.<sup>1</sup>,  
**ОСОБЕННОСТИ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ МНОГОСЛОЙНЫХ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ  
СВЕРХРЕШЕТОК Pd/Co/CoO**

<sup>1</sup> Департамент общей и экспериментальной физики ИНТИПМ ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель - к. ф.-м. н., доцент Козлов А.Г.

Топологически защищенные наноразмерные магнитные квазичастицы типа скирмионов являются перспективными носителями информации для усовершенствованной магнитной памяти и вычислений [2]. Для создания индивидуальных скирмионов и скирмионных решеток требуются новые магнитные системы и подходы к их созданию. Здесь проводится исследование магнитных свойств и доменной структуры многослойных сверхрешеток Si(111)/Cu/[Pd/Co/CoO]<sub>n</sub>/Pd, где n - количество слоев, полученных методом молекулярно-лучевой эпитаксии и частичного окисления магнитных слоев сухим кислородом при атмосферном давлении.

Эпитаксиальный рост слоев Pd и Cu [1] сохраняется, когда они выращиваются поверх оксидных слоев. Исследовано влияние n на коэрцитивную силу, энергию магнитной анизотропии и индуцированное полем переключение намагниченности пузырьковых доменов. Продемонстрирован подход к преобразованию доменной структуры в скирмионные решетки путем локального воздействия магнитного зонда (рисунок 1). Наши результаты позволяют напрямую создавать скирмионные решетки, степень упорядоченности которых определяется количеством повторений [Pd/Co/CoO]<sub>n</sub>, которые могут быть использованы для разработки скирмионной памяти и логических элементов.

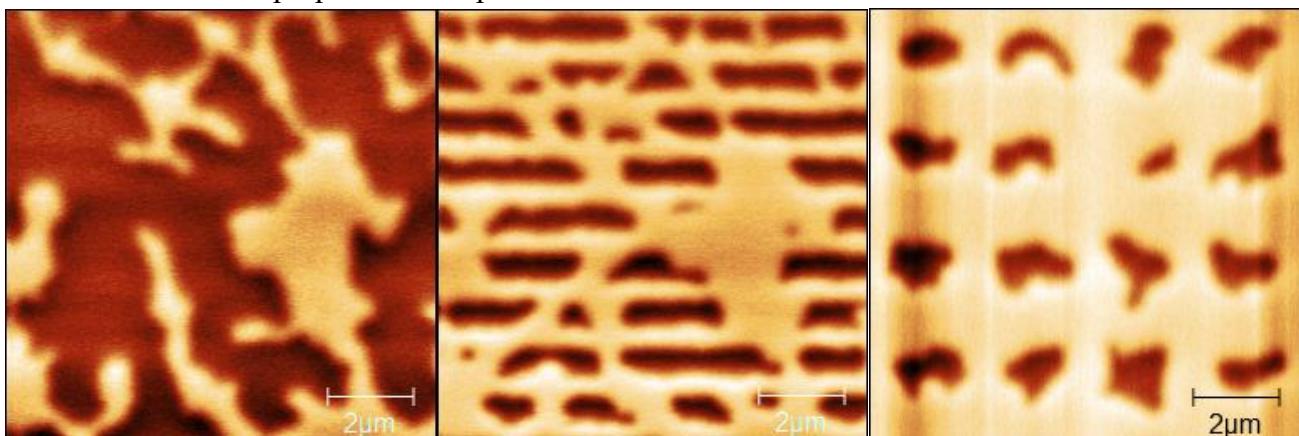


Рисунок 1 – Доменная структура сверхрешетки Si(111)/Cu/[Pd/Co/CoO]<sub>4</sub>/Pd [3]

- 1 - остаточное магнитное состояние сверхрешетки
- 2 - остаточное магнитное состояние сверхрешетки после воздействия магнитного зонда
- 3 - преобразованная доменной структуры в решетку доменов

*Список литературы*

1. Kozlov A. G. et al. Domain-period method for determination of the energy of the Dzyaloshinskii-Moriya interaction in [Co/Pd (111)] 5 superlattices //Physical Review B. – 2020. – Т. 102. – №. 14. – С. 144411.
2. Emori S. et al. Current-driven dynamics of chiral ferromagnetic domain walls //Nature materials. – 2013. – Т. 12. – №. 7. – С. 611-616.

## Раздел XVII ХИМИЯ

Емельянова В. Г.<sup>1,2</sup> Щитовская Е. В.<sup>1,2</sup> Колзунова Л. Г.<sup>2</sup>

### АМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТНЫЕ СЕНСОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА

<sup>1</sup>Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ

<sup>2</sup>Институт химии ДВО РАН

Научные руководители – к.х.н., доцент Е. В. Щитовская<sup>1</sup>, д.х.н., гл. н.с. Л. Г. Колзунова<sup>2</sup>

Разработка сенсоров для определения пероксида водорода является актуальной задачей на сегодняшний день. Пероксид водорода является продуктом или реагентом в большинстве реакций, протекающих в живой и растительной клетке [1]. Кроме того, он попадает в окружающую среду с промышленными выбросами атомных станций и промышленных предприятий, что негативно оказывается на состоянии экологии [2]. Поэтому создание высокочувствительных и селективных сенсоров для определения пероксида водорода представляет собой важную аналитическую задачу для биологии, медицины и мониторинга состояния окружающей среды. Композитные сенсоры, на основе полимерных материалов, содержащих наночастицы Au, Ag, Pt часто применяют для обнаружения H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в биологических средах.

Целью данной работы является разработка одностадийного метода формирования композитов на основе полиметилолакриламида (PMAA) с включением наночастиц золота (AuNPs) и платины (PtNPs), а также исследование их сенсорных характеристик.

Композитные пленки формировали на катоде из нержавеющей стали марки AISI304 в потенциостатическом режиме из водного раствора базового электролита, содержащего акриламид, формальдегид, N, N'-метиленбисакриламид и хлорид цинка, состав которого приведен в работе [3], с добавками золотохлористоводородной кислоты (1 mM), платинохлористоводородной кислоты (1 mM) и хитозана (1%-ный р-р). Условные обозначения композитов следующие: PMAA/AuNPs – композит с добавкой наночастиц золота; PMAA/PtNPs – композит с добавкой наночастиц платины; PMAA/PtNPs-AuNPs – композит с добавкой наночастиц платины и золота.

Изучена набухаемость композитных полимерных пленок. Установлено, что добавление хитозана в базовый электролит приводит к увеличению набухаемости пленок (таблица). Включение наночастиц PtNPs и AuNPs также приводит к росту набухаемости пленок по сравнению с PMAA матрицей. Причем наибольшее влияние на набухаемость оказывает совместное добавление наночастиц PtNPs и AuNPs в пленки без хитозана.

Таблица

Набухаемость композитных пленок без хитозана и с добавлением хитозана.

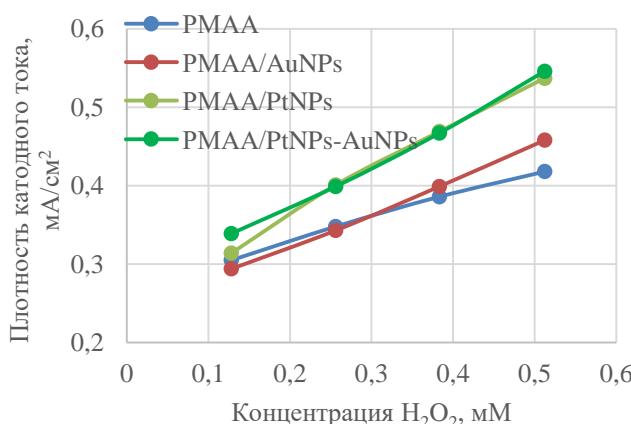
Композитные пленки	Степень набухания, %	
	без ХТЗ	ХТЗ
PMAA	346,80	351,74
PMAA/PtNPs	367,68	488,09
PMAA/Au NPs	402,84	424,31
PMAA/PtNPs-AuNPs	409,43	465,69

Увеличение степени набухания может быть связано с изменением структуры полимерной матрицы при включении в нее наночастиц металлов. Такой эффект должен приводить к повышению

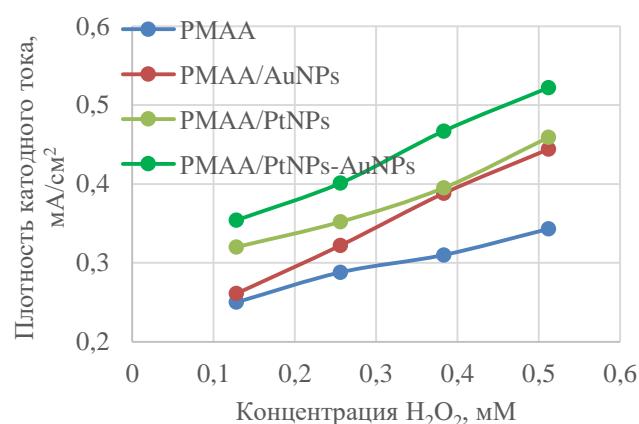
концентрации анализируемого вещества в композитной пленке и росту сенсорной чувствительности модифицированного электрода.

Изучены сенсорные характеристики электродов, модифицированных композитными пленками полимер/наночастицы металла. С этой целью были сняты циклические вольтамперограммы в фосфатном буфере с добавлением  $1,28 \cdot 10^{-3}$  М  $\text{H}_2\text{O}_2$ . При добавлении новой порции пероксида водорода наблюдается повышение плотности катодного тока, пропорционально увеличению концентрации вводимого вещества. Установлено, что наиболее эффективными катализаторами являются композиты без хитозана с включением PtNPs и AuNPs-PtNPs, что, возможно, связано с возрастанием электропроводности композитов.

Подобная вольтамперная зависимость наблюдается и для пленок с добавлением хитозана. Однако амперометрический отклик максимумов плотности катодного тока в зависимости от содержания пероксида водорода для пленок без хитозана (рисунок 1, а) выше, чем для композитных сенсоров с хитозаном (рисунок 1, б). Это можно объяснить тем, что добавление в электролит непроводящего компонента, такого как хитозан, приводит к уменьшению электропроводности получаемых пленок.



а)



б)

Рисунок 1 – Зависимость максимума плотности катодного тока от содержания пероксида водорода.

Пленки без хитозана (а) и с хитозаном (б)

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что электроды, модифицированные композитными пленками на основе PMAA с включением наночастиц платины и золота, можно использовать в качестве сенсоров для определения пероксида водорода.

*Работа выполнена в рамках Госзадания ФГБУН ИХ ДВО РАН, тема 3 FWFN-0205-2022-0001.*

#### Список литературы

1. Николаев, К. Г. Повышение стабильности аналитического сигнала и миниатюризация вольтамперметрических сенсоров для определения глюкозы и пероксида водорода: дис... к. х. н. / К. Г. Николаев – Санкт-Петербург, 2016. – 137 с.
2. Комкова, М. А. Наноразмерные катализаторы на основе гексацианоферратов переходных металлов для высокоэффективных сенсоров на пероксид водорода: специальность: дис... к. х. н. / М. А. Комкова – Москва, 2018. – 145 с.
3. Kolzunova, L. Polymethylolacrylamide / AuNPs Nanocomposites: Electrochemical Synthesis and Functional Characteristics / L. Kolzunova, E. Shchitovskaya, M. Karpenko. – DOI 10.3390/polym13142382 // Polymers. – 2021. – Vol. 13. – P. 2382.

Перваков К.А., Шапкин Н.П.

**СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И СОСТАВ  
ПОЛИАЛЮМО-ТРИС(АЦЕТИЛАЦЕТОНАТО)ЭТИЛСИЛОКСАНОВ**

Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ  
Научный руководитель – д.х.н., профессор Н.П. Шапкин

Исследование кремнийсодержащих органических соединений имеет определенную как теоретическую, так и практическую ценность: в частности, такой подкласс как полиметаллоорганосилоксаны находит применение в виде создания армирующих волокон, стеклопластиков [1], хелатообразующих ионообменников [2]. Последний вариант использования данных полимеров был рассмотрен нами в этой работе на примере взаимодействия 3-хлорсульфенил-2,4-пентандионата алюминия с поливинилсилоксаном в кислой среде.

Первая часть работы является продолжением темы, рассмотренной ранее в [3], где фундаментально описывалась структура и строение сульфенилхлорида ацетилацетоната хрома(III), поливинилсилоксанов и соответствующих продуктов присоединения. В данном докладе таким же образом была проанализирована серия веществ при помощи элементного анализа, ИК-спектроскопии, РСА, ПАС, ТГА-ДТА и получены изображения СЭМ. Нами был использован сополимер поливинил-, полидиметилсилоксана с соотношением звеньев (2:1), чтобы понять, как влияет на структурные особенности увеличение содержания диметилсилокси-групп по сравнению с веществами, полученными ранее в работе [3].

Реакции взаимодействия 3-хлорсульфенил-2,4-пентандионата алюминия с поливинилсилоксаном и поливинил-,полидиметилсилоксаном протекают через аналогичные стадии образования раствора-золя, геля и после высушивания количественно выделяются стеклоподобные порошки желтого цвета.

Межцепочные расстояния  $d_{001}$  продуктов присоединения и исходных веществ были определены согласно формуле Селякова-Шеррера, площади сечения полимерных цепей рассчитаны по методу Миллера-Бойера [4], что отражено в таблице 1.

Усложнение структуры *tris*(3-хлорсульфенил-2,4-пентандионата) алюминия и на винилсилоксановую, и на винилдиметилсилоксановую компоненты, согласно дифрактометрическим данным, приводит как и в случае [3] тенденциям закономерного уменьшения межплоскостного расстояния.

Таблица 1

Данные дифрактометрического анализа

Формула вещества	$2\theta$ , °	FWHM, °	$d_{001}$ , нм	$S_b$ , нм <sup>2</sup>	$l_{OKP}$ , нм	$V_{OKP}$ , нм <sup>3</sup>
[ $SCl(acac)_3Al$	9,38	0,32	0,94	0,72	25,06	18,10
[ $ViSiO_{1.5}x$	9,48	0,75	0,93	0,71	10,31	3,77
[ $ViSiO_{1.5}x$ ][ $SCl(acac)_3Al$	9,90	7,51	0,89	0,66	1,06	0,70
[ $ViSiO_{1.5}x$ ][ $(CH_3)_2SiO_y$	10,86	3,05	0,81	0,57	2,62	1,49
[ $ViSiO_{1.5}x$ ][ $(CH_3)_2SiO_y$ ] <sub>3</sub> [ $SCl(acac)_3Al$ при x:y=1:2	10,98	4,13	0,80	0,56	1,93	1,08
[ $ViSiO_{1.5}x$ ][ $(CH_3)_2SiO_y$ ] <sub>3</sub> [ $SCl(acac)_3Cr$ при x:y=1:2	10,86	4,59	0,81	0,57	1,74	0,99

Аналогичное соединение для хрома (III) обладает схожими параметрами, различие незначительно, однако введение диметилсилокси-группы увеличивает кристалличность вещества, что отражается в  $V_{OKP}$  как исходного сополимера, так и продукта для хрома.

Термогравиметрическое исследование (таблица 2) показывает, что для сульфенилхлорида ацетилацетоната алюминия и его продуктов с винилсилоксами алюминий возгоняется в виде галогенида, что обусловлено его большей летучестью и нестойкостью комплекса. Можно отметить, что присоединение 3-хлорсульфенил-2,4-пентандионата алюминия к полимерам вызывает в целом уменьшение общей потери массы на всей кривой ТГА, что объясняется образованием более плотной сетки, откуда улетучивание части ацетилацетонатного фрагмента может быть затруднено. Добавление винилсилокси-составляющей приводит к повышению температуры второго экзоэффекта, а диметил-, винилсилокси-компоненты – к ее понижению.

Таблица 2

Данные термогравиметрического анализа

№	Формула вещества	T <sub>экз1</sub> , °C	T <sub>экз2/3</sub> , °C	Δm <sub>экз1</sub> , %	Δm <sub>экз2/3</sub> , %	Δm <sub>общ</sub> , %
1	[SCl(acac)] <sub>3</sub> Al	320	443	23,1	37,2	92,6
2	[ViSiO <sub>1,5</sub> ] <sub>x</sub>	387	—	24,5	—	26,3
3	[ViSiO <sub>1,5</sub> ] <sub>3n</sub> [SCl(acac)] <sub>3</sub> Al	290	650	18,5	23,2	74,9
4	[ViSiO <sub>1,5</sub> ] <sub>x</sub> [(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> SiO] <sub>y</sub>	335	421/603	2,6	2,0/11,3	52,9
5	[ViSiO <sub>1,5</sub> ] <sub>x</sub> [(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> SiO] <sub>y</sub> Al[SCl(acac)] <sub>3</sub>	332	474	21,9	22,8	56,9

Таким образом, полученные данные физико-химических анализов позволили предположить структуру пространственных нерастворимых сетчатых полимеров. Реакции протекают практически нацело с образованием мезоморфных полимеров, имеющих, по данным ИК-спектроскопии, все ожидаемые функциональные группы.

Список литературы

1. Демина, Н.М. Применение комплексов хрома (III) для оптимизации свойств инновационных стеклопластиков / Н.М. Демина, А.Н. Трофимов // Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 1: естественные науки. – 2020. – Т. 35, №4. – С. 90-97.
2. Шапкин, Н.П. Синтез и исследование пространственных полимеров на основе трифункциональных комплексов металлов и соединений кремния, содержащих винильную группу / Н.П. Шапкин, Г.М. Свистунов, В.Я. Шапкина // Высокомолекулярные соединения. – 1989. – Т. 31 (A). – С. 573-576.
3. Composition and Structure of Spatial Polychromoorganylsiloxanes / K.A. Pervakov, N.P. Shapkin, V.I. Razov, A.N. Fedorets // Silicon. – 2024. – 12 p.
4. Miller, R.L. Regularities in x-ray scattering patterns from amorphous polymers / R.L. Miller, R.F. Boyer // Journal of Polymer Science: Polymer Physics Edition. – 1984. – Vol. 22, № 12. – P. 2043-2050.

---

Вашенко М.В.<sup>1</sup>, Ануфриев В.Ф.<sup>2</sup>

**СИНТЕЗ 2,3,6-ТРИГИДРОКСИ-7-(МЕТИЛ-Д3)НАФТАЗАРИНА, ФУНКЦИОНАЛЬНОГО  
АНАЛОГА ЭХИНОХРОМА**

<sup>1</sup>Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ

<sup>2</sup> Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН

<sup>2</sup>Научный руководитель – д.х.н., с.н.с В.Ф. Ануфриев

Полигидроксилированные нафтазарины (5,8-дигидрокси-1,4-нафтохионы) являются эффективными антиоксидантами и кардиопротекторами. Лекарственная форма одного из них, эхинохрома (2,3,6-тригидрокси-7-этилнафтазарина, 1а) (рисунок 1), метаболита морских ежей

*Scaphichinus mirabilis*, используется для лечения ишемической болезни сердца и инфаркта миокарда, уменьшая зону повреждения сердечной мышцы почти в два раза [1]. Несмотря на большой опыт применения этого препарата, структуры его метаболитов систематически не изучались. Лишь недавно, методом хромато-масс-спектрометрии высокого разрешения, с использованием дейтериевой метки, в почечных экскретах мышей, после введения эхинохрома, были детектированы одиннадцать метаболитов [2,3].

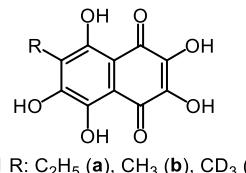


Рисунок 1 – Структурная формула эхинохрома (**1a**), его функционального аналога **1b** и d<sub>3</sub>-метильного производного **1c**

Несмотря на незначительные структурные различия эхинохрома **1a** и тригидроксиметилнафтазарина **1b**, отмечается несовпадение химических свойств производных 2-метил-1,4-нафтохинона и других его алкилпроизводных [4]. Кроме того, в экспериментах *in vivo* было показано, что кардиопротекторная активность метильного функционального аналога эхинохрома **1b** несколько выше активности базового соединения **1a** [5]. В связи с этим, определенный интерес представляет изучение структуры метаболитов, образующихся при его использовании, с целью обнаружения веществ, возможно, обуславливающих его биологическую активность. Практическая значимость проводимого исследования заключается в том, что кроме высокой биологической активности, тригидроксиметилнафтазарин **1b** синтетически более доступен, чем эхинохром **1a**.

Для выявления структуры метаболитов, образующихся при использовании субстрата **1b** также планируется использовать метод хромато-масс-спектрометрии высокого разрешения, с использованием дейтериевой метки. С этой целью был синтезирован 2,3,6-тригидрокси-7-(метил-d<sub>3</sub>)-нафтазарин (**1c**) (рисунок 2).

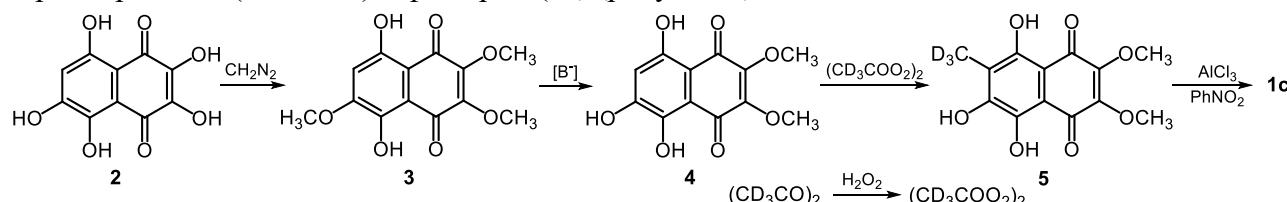


Рисунок 2 – Схема синтеза 2,3,6-тригидрокси-7-(метил-d<sub>3</sub>)-нафтазарина (**1c**)

Исходным субстратом в синтезе **1c**, являлся спинохром D (**2**), один из метаболитов морских ежей [6], метилирование которого CH<sub>2</sub>N<sub>2</sub> дало триметиловый эфир **3** с высоким выходом (70%). Триэфир **3** под действием 1% раствора NaOH региоселективно (до 60%) дает диметиловый эфир **4**. Введение CD<sub>3</sub>-заместителя в структуру полупродукта **4** было осуществлено действием дейтерированной перекиси ацетила, полученной из d<sub>6</sub>-уксусного ангидрида (рисунок 2). Гидролиз полученного полупродукта **5** протекал эффективно под действием AlCl<sub>3</sub> в нитробензоле, дав 2,3,6-тригидрокси-7-(метил-d<sub>3</sub>)-нафтазарин (**1c**) с выходом 90%.

#### Список литературы

- Пат. 2137472 РФ, МПК A61 K9/08, К 31/122, К 35/60, Р 9/10. Лекарственный препарат "Гистохром" для лечения острого инфаркта миокарда и ишемической болезни сердца / Г. Б. Еляков, О. Б. Максимов, Н. П. Мищенко, Е. А. Кольцова, С.А. Федореев, Л. И. Глебко, Н. П. Красовская, А. А. Арtyков; заявитель и патентообладатель Тихоокеанский институт биоорганической химии Дальневосточного отделения РАН. – № 98118369/14; заявл. 12.10.98; опубл. 20.09.99. – 11 с.

2. Structures of renal excretions of Histochrome using a deuterated label / A.E. Zakirova, R.S. Popov, V.V. Makhan'kov, B.P. Mashnev, V.F. Anufriev. – DOI 10.1007/s10600-023-03909-9 // Chem. Nat. Comp. – 2023. – Vol. 59. – P. 21.
3. Derivatives of (tetrahydroxyethyl-1,4-naphthoquinonyl)-hydroxyurea – metabolites of Histochrome preparation / A.E. Zakirova, R.S. Popov, V.V. Makhan'kov, V.Ph. Anufriev. – DOI 10.1007/s10600-023-04147-9 // Chem. Nat. Comp. – 2023. – Vol. 59. – P. 906.
4. Chandrasenan, K. Biquinones-III. The dimerisation of 1,4-naphthoquinones / K. Chandrasenan, R.H. Thomson // Tetrahedron. – 1971. – Vol. 27. – № 12. – P. 2529 – 2539.
5. Synthesis of some hydroxynaphthazarins and their cardioprotective effects under ischemia-reperfusion in vivo / V.Ph. Anufriev, V. L. Novikov, O. B. Maximov [et al]. – DOI: 10.1016/s0960-894x(98)00075-4 // Bioorg Med Chem Lett. – 1998. – Vol.8. – P. 587-592.
6. Thomson R.H. Naturally occurring quinones / R.H. Thomson. – London; New York: Academic Press, 1971. Second ed. 734 p. – ISBN: 9780323161343

---

Громыко А.А.<sup>1,2</sup>, Капустина А.А.<sup>1</sup>

## ФОРМИРОВАНИЕ МЕТАПРЕДМЕТНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ЧЕРЕЗ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ И ПРОЕКТНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧАЩИХСЯ ПО ХИМИИ

<sup>1</sup>Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ

<sup>2</sup>Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Гимназия № 1 г. Владивостока»

<sup>1</sup>Научный руководитель - к.х.н., доцент А.А. Капустина

Одним из важнейших требований, предъявляемых к образовательным программам среднего общего образования, является достижение метапредметных результатов [1].

В условиях современного постоянно расширяющегося информационного пространства это формирование у обучающихся навыков поиска информации и её анализа, обучение их умению грамотно планировать работу, взвешенно принимать решения и сотрудничать со сверстниками и старшими и другое. Представленные задачи возможно реализовать посредством внедрения в учебный процесс исследовательской и проектной деятельности.

Проектная деятельность предоставляет возможность обучающимся проявить самостоятельность. В процессе работы над проектом учащемуся обязательно потребуется осуществлять планирование работы, применить знания и умения из различных научных областей. Например, при выполнении школьного проекта по теме «Исследование содержания витамина С в продуктах питания» школьнику потребуется актуализировать свои знания по химии и биологии – вспомнить понятия «качественная реакция», «признак протекания реакции», «водорастворимые и жирорастворимые витамины», «влияние витаминов на организм человека», технику безопасности при проведении химического эксперимента, получить навыки работы с веществами и лабораторной посудой. Таким образом, обеспечивается формирование межпредметных взаимосвязей и достижение метапредметных результатов.

Наблюдается тенденция к тому, что учреждения высшего образования становятся всё более заинтересованными в привлечении к себе абитуриентов, достигших высоких результатов в проектной деятельности. Примером тому служат различные конференции, проводимые ВУЗами для школьников, за призовые места в которых учащиеся могут получить дополнительные баллы к результатам ЕГЭ при поступлении: «Высший пилотаж» от НИУ Высшая школа экономики, «Научная конференция учащихся имени Н. И. Лобачевского» от Казанского федерального университета и другие.

Интересной является программа «Сириус. Лето: Начни свой проект!», в рамках которой учащимся предлагается попробовать себя в работе над проектом от реальных заказчиков. В ходе работы с наставником школьники получают практический опыт, навыки командной работы и возможность взаимодействия с действующими специалистами в предметной области [2]. Это подтверждается опытом наставничества в проектах «Люминофоры в криминалистике» и «Получение полиметиновых дикетонов и прогнозирование их биологической активности» 2022/2023 и 2023/2024 учебных годах соответственно.

Таким образом, проектная деятельность имеет основополагающую роль в формировании метапредметных результатов – готовность к самостоятельной информационно-познавательной деятельности, умение продуктивно общаться и взаимодействовать в процессе совместной деятельности, эффективно разрешать конфликты, умение самостоятельно определять цели и составлять план деятельности, выбирать успешную стратегию в различных ситуациях и т. д.

### Список литературы

1. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 31.05.2021 № 287 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования" (Зарегистрирован 05.07.2021 № 64101)
2. Сириус. Лето: Начни свой проект! Четвёртый сезон // Сириус. Лето URL: <https://siriusleto.ru/> (дата обращения: 28.03.2024).

---

Ковач С.М.<sup>1,2</sup>, Третьякова Г.О.<sup>1,3</sup>, Пелагеев Д.Н.<sup>1,2</sup>

## ТЕРМИЧЕСКОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ МОНОАЗИДОНАФТАЗАРИНОВ И ИЗУЧЕНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВОЙСТВ ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРОДУКТОВ

<sup>1</sup> Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ

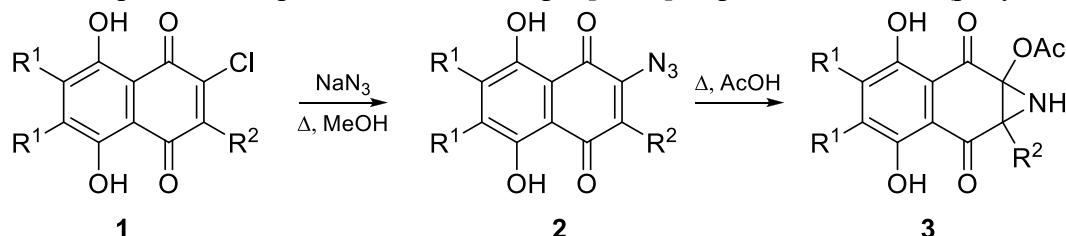
<sup>2</sup> Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г. Б. Елякова ДВО РАН

<sup>3</sup> Институт химии ДВО РАН

Научные руководители – к.х.н., доцент Г.О. Третьякова<sup>1,3</sup>, к.х.н., с.н.с. Д.Н. Пелагеев<sup>1,2</sup>

Органические азиды представляют собой класс реакционноспособных соединений. Они используются в синтезе для получения широкого круга других соединений, многие из которых сами являются представителями новых или относительно мало изученных классов соединений, обладающие различными свойствами [1]. Целью работы являлось изучение термических превращенийmonoазидонафтазаринов и изучение люминесцентных свойств образующихся продуктов.

Моноазидонафтазарины **2** были получены из соответствующих монохлоронафтазаринов **1** по схеме, представленной ниже. Установлено, что нагревание моноазидонафтазаринов **2** в растворе уксусной кислоты приводит к производным 1Н-нафто[2,3-*b*]азирин-2,7-диона **3** (рисунок 1).



**1,2,3:** R<sub>1</sub>=R<sub>2</sub>=H (**a**); R<sub>1</sub>=H, R<sub>2</sub>=Me (**b**); R<sub>1</sub>=H, R<sub>2</sub>=Et (**c**); R<sub>1</sub>=Me, R<sub>2</sub>=H (**d**); R<sub>1</sub>=R<sub>2</sub>=Me (**e**); R<sub>1</sub>=Me, R<sub>2</sub>=Et (**f**); R<sub>1</sub>=OMe, R<sub>2</sub>=H (**g**); R<sub>1</sub>=OMe, R<sub>2</sub>=Me (**h**); R<sub>1</sub>=OMe, R<sub>2</sub>=Et (**i**).

Рисунок 1 - Синтез нафтоазиридинов **3**

Строение продуктов реакций установлено на основании масс-, ИК-,  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  ЯМР спектров. Следует отметить, что подобные превращения для азидопроизводных 1,4-бензо- и 1,4-нафтохинонов в литературе описаны не были.

Были исследованы спектрально-люминесцентные свойства ряда нафтазаринов **3** в растворах и кристаллах. Установлено, что спектры люминесценции и возбуждения люминесценции кристаллов исследуемых соединений батохромно смещены относительно спектров разбавленных растворов, что обусловлено процессами агрегации молекул (рисунок 2).

Была обнаружена и исследована способность к механофлуорохромизму. При измельчении кристаллов происходит батохромное смещение спектров возбуждения люминесценции и уменьшение стоксового сдвига, что связано с повреждением агрегатов (рисунок 3).

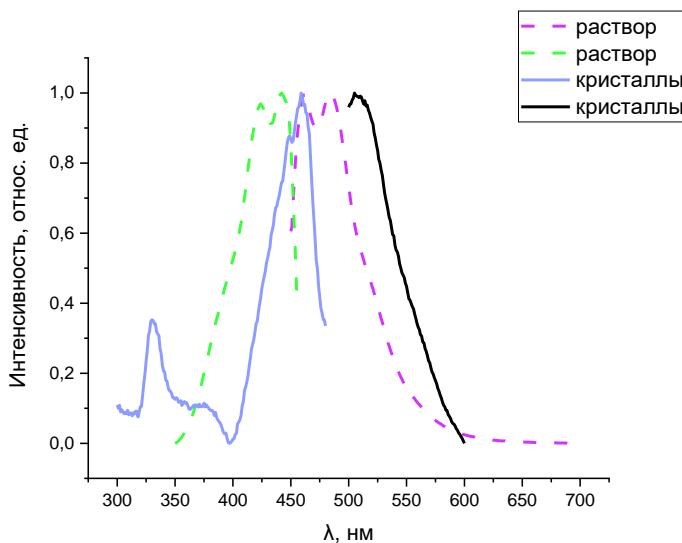


Рисунок 2 – Спектры люминесценции и возбуждения люминесценции растворов в хлороформе **3f** (пунктирная линия) и спектры люминесценции и возбуждения люминесценции кристаллов **3f** (сплошная линия)

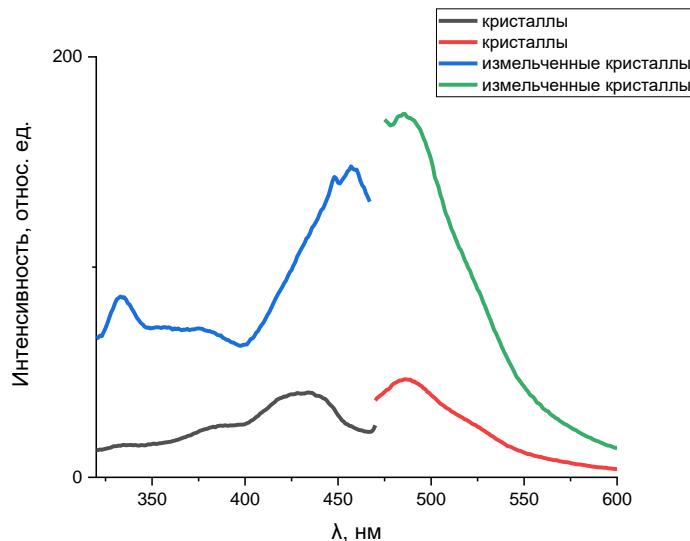


Рисунок 3 – Спектры люминесценции и возбуждения люминесценции кристаллов соединения **3b**:  
1 – спектр возбуждения люминесценции кристаллов, 2- спектр люминесценции кристаллов,  
3 – спектр возбуждения люминесценции измельченных кристаллов,  
4- спектр люминесценции измельченных кристаллов

Следует отметить, что ранее спектрально-люминесцентные свойства нафтазаринов и их производных были мало изучены.

*Список литературы*

1. A simple synthesis of natural spinazarins and their analogues / Dmitry N. Pelageev, Ksenia L. Borisova, Svetlana M. Kovach, Vyacheslav V. Makhankov and Victor Ph. Anufriev // Mendeleev Commun. – 2023. – №33. – Р. 231-233

---

Попов Д.П.<sup>1,2</sup>, Васильева М.С.<sup>1,2</sup>

**ХАРАКТЕРИСТИКА ВІ-СОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ НА ТИТАНЕ, СФОРМИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННО-ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ОКСИДИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОЛИТАХ-СУСПЕНЗИЯХ**

<sup>1</sup> Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ

<sup>2</sup> Институт химии ДВО РАН

Научный руководитель – д.х.н., доцент М.С. Васильева<sup>1</sup>

Материалы на основе диоксида титана часто используются в качестве фотокатализаторов. Однако  $TiO_2$  обладает некоторыми недостатками, такими как высокая скорость рекомбинации фотогенерированных носителей заряда, низкая эффективность в области видимого света, обусловленная высокой шириной запрещенной зоны ( $\approx 3.2$  эВ) [1]. Для расширения диапазона светочувствительности  $TiO_2$  применяют различные методы, включая допирование различными элементами, модифицирование полупроводниками с меньшей шириной запрещенной зоны, сенсибилизация красителем и т.д. [2]. В последнее время в качестве модифицирующих добавок все большее внимание привлекают полуметаллический висмут (Bi) и его оксиды [3]. Однако как правило такие материалы получают в виде порошков, что затрудняет их практическое использование, например, в качестве электродных материалов. Одним из наиболее перспективных методов получения пленочных композитов на основе оксида титана, модифицированного различного соединениями, является метод плазменно-электролитического оксидирования (ПЭО) [4].

Целью настоящей работы являлось формирование Ві-содержащих пленочных композитов одностадийным методом ПЭО в электролите, содержащем висмут-содержащие частицы, стабилизированные олеатом натрия, и исследование их состава, морфологии поверхности и фотоэлектрохимической активности при воздействии УФ и видимым светом.

Ві-содержащие ПЭО-покрытия на титане были сформированы в анодно-катодном режиме при плотностях анодного и катодного токов  $i_A = -i_K = 0.2 \text{ A/cm}^2$  и длительностью импульса  $\tau_A = \tau_K = 0.02$  или 0.05 с. Время обработки составляло 10 мин. В качестве электролита использовали водный раствор, содержащий  $Bi_2(SO_4)_3$ ,  $H_3BO_3$ , ЭДТА и  $C_{18}H_{33}O_2Na$ .

Для изучения морфологии и состава использовали сканирующий электронный микроскоп Hitachi S5500. На рисунке 1 приведены СЭМ-изображения исследуемых ПЭО-покрытий при разных увеличениях. Видно, что с увеличением  $\tau$  увеличивается неоднородность поверхности ПЭО-покрытий (рисунок 1 а, б). При больших увеличениях на поверхности обоих образцов обнаружены нанокристаллические структуры (рисунок 1 в, г). Результаты элементного анализа полученных ПЭО-покрытий приведены в таблице 1. Видно, с ростом длительности импульса увеличивается содержание висмута и титана на поверхности образцов. В составе ПЭО-покрытий, полученных при  $\tau = 0.02$  с, обнаружен азот.

Элементный состав сформированных покрытий

$\tau$ , с	Элементный состав, ат. %				
	C	N	O	Ti	Bi
0.02	16.0	10.8	41.4	31.5	0.3
0.05	12.6	0.0	41.0	45.4	0.9

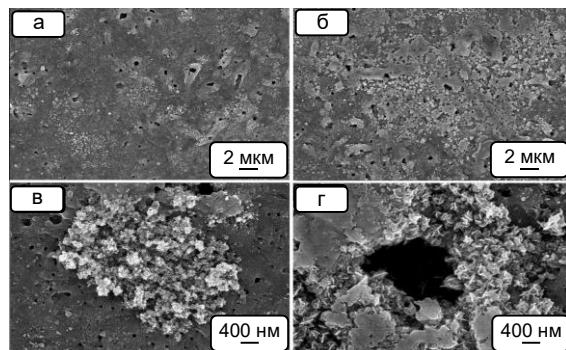


Рисунок 1 – СЭМ-снимки поверхности образцов, полученных при разных  $\tau$ , с: а, в – 0.02; б, г – 0.05

Для оценки фотоэлектрохимических свойств полученных образцов снимали фототоки, возникающие под воздействием УФ и видимого света при наложении потенциала 0.2 В. Полученные данные представлены на рисунке 2. Видно, что в условиях видимого света (рисунок 2а), фототоки, возникающие на Bi-содержащих электродах, заметно выше по сравнению с фотокликами, фиксируемыми на ПЭО-электродах без висмута. В ультрафиолетовой области наблюдается противоположная тенденция (рисунок 2б).

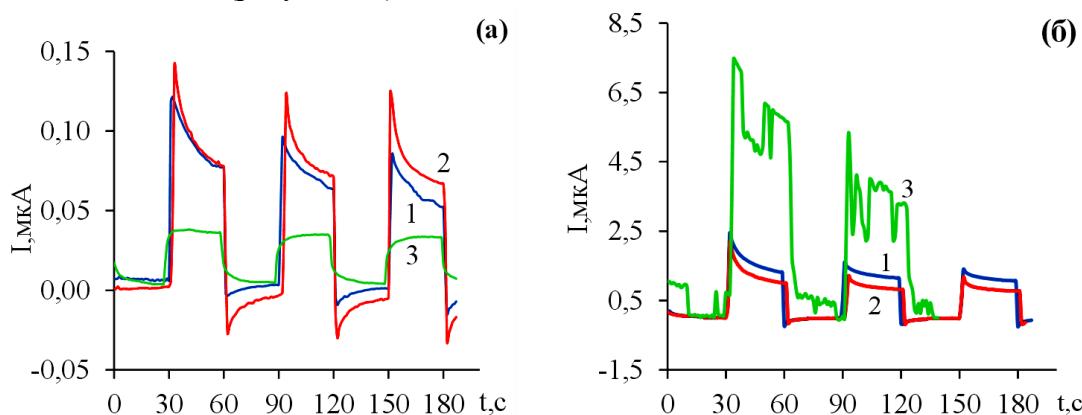


Рисунок 2 – Профили фототоков, генерируемых образцами, полученными при  $\tau$ , с: 1 – 0.02, 2 – 0.05, при облучении видимым (а) и УФ (б) светом; 3 – кривая для ПЭО-покрытия без висмута

Таким образом, в настоящей работе были получены Bi-содержащие пленочные ПЭО-композиты, проявляющие фотоотклики в виде анодных токов в видимой области спектра.

Список литературы

1. Cao, W. Enhancing photocathodic protection performance by controlled synthesis of Bi/BiOBr/TiO<sub>2</sub> NTAs Z-scheme heterojunction films / W. Cao. et.al. // Journal of Alloys and Compounds – 2023. – №960. – P. 16.
2. Shafafi, S. Impressive visible-light photocatalytic performance of TiO<sub>2</sub> by integration with Bi<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> nanoparticles: Binary TiO<sub>2</sub>/Bi<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> photocatalysts with n-n heterojunction / S. Shafafi et.al. // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects – 2021. – №629. – P. 12.

3. Pan, G. Binder-integrated Bi/BiOI/TiO<sub>2</sub> as an anti-chloride corrosion coating for enhanced photocathodic protection of 304 stainless steel in simulated seawater / G. Pan et. al. // Journal of Alloys and Compounds – 2023. – №938. – P. 12.

4. Radic, N. Photocatalytically active Ag-doped TiO<sub>2</sub> coatings developed by plasma electrolytic oxidation in the presence of colloidal Ag nanoparticles / N. Radic et. al. // Journal of Physics and Chemistry of Solids – 2024. – №188. – P.8.

Корецкая К.И., Слабко О.Ю.

## РЕАКЦИЯ ХИНОНМОНОИМИНОВ РЯДА ПИРИДО[1,2-*a*]БЕНЗИМИДАЗОЛА С *o*-ФЕНИЛЕНДИАМИНОМ

Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ

Научный руководитель – к.х.н., доцент О.Ю. Слабко

Пиридо[1,2-*a*]бензимидазолы обладают широким спектром биологической активности, кроме того являются биоизостерными аналогами азотистых оснований нуклеиновых кислот [1]. С другой стороны, гетероциклические хиноидные соединения также представляют практическую ценность – сочетание «фармакофорного» пиридо[1,2-*a*]имидазольного скелета и приконденсированных фенокс(феноти)азиновых систем в молекулах полученных хинондииминов позволяет ожидать от них проявления разнообразной биологической активности. Феназин и его производные обладают антибиотической активностью, являются переносчиками кислорода в некоторых процессах метаболизма в организмах человека и высших животных [2,3].

Известны реакции окислительной автоконденсации хиноидных соединений с *o*-фенилендиамином, *o*-аминофенолом, приводящие к гетероциклизации с образованием феназиновых и феноксазиновых структур.

Ранее производные феназинов на основе пиридобензимидазола были получены в результате реакции окислительного сочетания производных пиридобензимидазола с *o*-фенилендиамином. Целью данной работы являлось изучение реакции хиноидных соединений ряда пиридо[1,2-*a*]бензимидазола с *o*-фенилендиамином с образованием феназиновой структуры в одну стадию в результате нуклеофильной реакции.

Реакцию проводили с полуторакратным избытком *o*-фенилендиамина в уксусной кислоте при 60 °C в течение 4,5 часов.

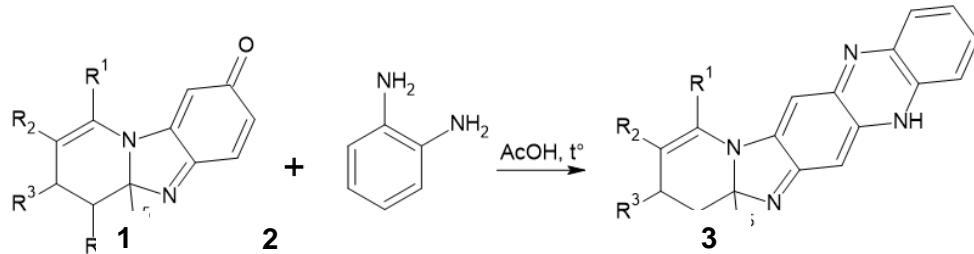


Рисунок 1 – Схема реакции

Мы предполагаем, что механизм реакции начинается с традиционного 1,4-нуклеофильного присоединения ароматической аминогруппы *o*-фенилендиамина по кислотно активированному субстрату. Полученный продукт обладает повышенной склонностью к дальнейшей реакции электрофильного присоединения по положительному 8 хиноидной структуры из-за влияния электронодонорной аминогруппы. Последующий перенос протона к кислороду сопровождается

элиминированием воды и образованием пиридо[1,2-*a*]бензимидазофеназинов **3**, в результате 7,8-аннелирования.

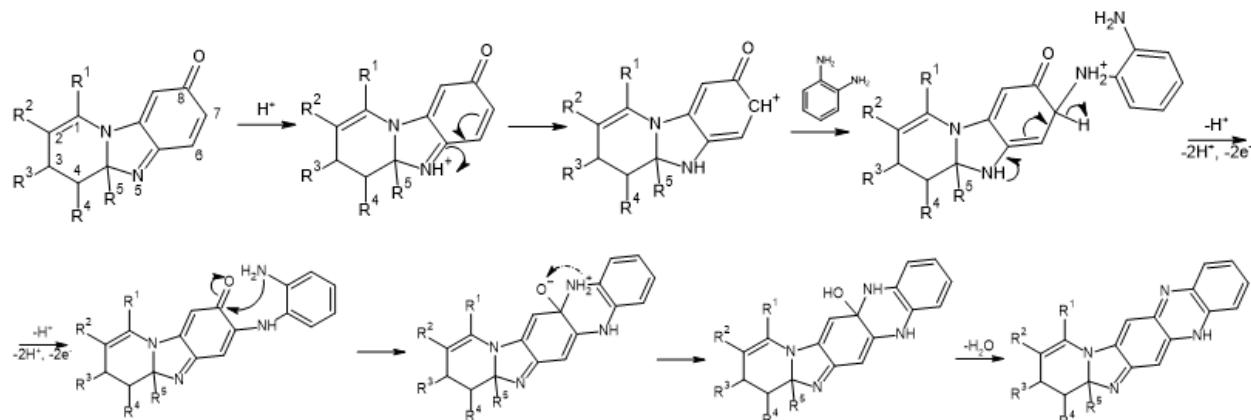


Рисунок 2 – Предполагаемый механизм реакции

Все полученные соединения проявляют флуоресценцию в растворе от желтой до зеленой, что может быть использовано в качестве компонентов активных сред лазеров на красителях.

#### Список литературы

1. Бегунов, Р. С. Синтез пиридо[1,2-*a*]бензимидазолов и других конденсированных производных имидазола с узловым атомом азота / Р.С. Бегунов, Г.А. Рызованович // Успехи химии. — 2013. — № 82 (1). — С. 77-97.
2. Гетероциклические соединения. Т. 6. / Под ред. Р. Эльдерфильда. — М.: Госхимиздат, 1960. — 507 с.
3. Последние достижения в химии окисей феназина [Текст] / С. Пиетра, Д.Ф. Бетинети, А. Албини, Д. Миноли // Химия гетероциклических соединений. — 1977. — № 12. — С. 1587-1599.

Журавлёв И. А., Тутов М.В.

#### СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ ПОЛИЭДРАЛЬНЫХ ОЛИГОМЕРНЫХ СИЛСЕСКВИОКСАНОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИДИМИТИЛСИЛОКСАНОВЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ

Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ

Научный руководитель - к.х.н., доцент М. В. Тутов

Аддитивное производство, также известное как 3D-печать, становится все более популярным методом изготовления изделий в различных отраслях промышленности и медицины. Одним из перспективных материалов для использования в этом процессе являются эластомеры на основе силоксана. Эти материалы обладают уникальными свойствами, такими как высокая гибкость, стойкость к высоким температурам, что делает их подходящими для широкого спектра применений.

Однако, несмотря на перспективы использования эластомеров на основе силоксана в аддитивном производстве, этот процесс достаточно сложен и требует значительных затрат на внедрение и производство. Существует ряд технических и технологических проблем, связанных с использованием этих материалов, которые необходимо преодолеть для расширения их применения.

Исследования в этой области позволяют расширить возможности использования эластомеров на основе силоксана в аддитивном производстве, снизить затраты на их внедрение и производство, а также создать новые перспективы для развития различных отраслей промышленности и медицины.

Целью данной работы является получение предшественников сшивающих агентов на основе полиэдральных олигомерных силлесквиоксанов (ПОСС) для отверждения полидиметилсилоксанов.

Синтез OVS-(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>SiH<sub>3</sub>)<sub>8</sub> проводился в две стадии. К октавинилсилоксану добавляли избыток трихлорсилана в присутствии гексахлорплатиновой кислоты. Реакцию вели в диэтиловом эфире. Затем проводили восстановление SiCl<sub>3</sub> групп до SiH<sub>3</sub> при помощи LiAlH<sub>4</sub>. Реакция протекала в гетерофазе без заметного энерговыделения.

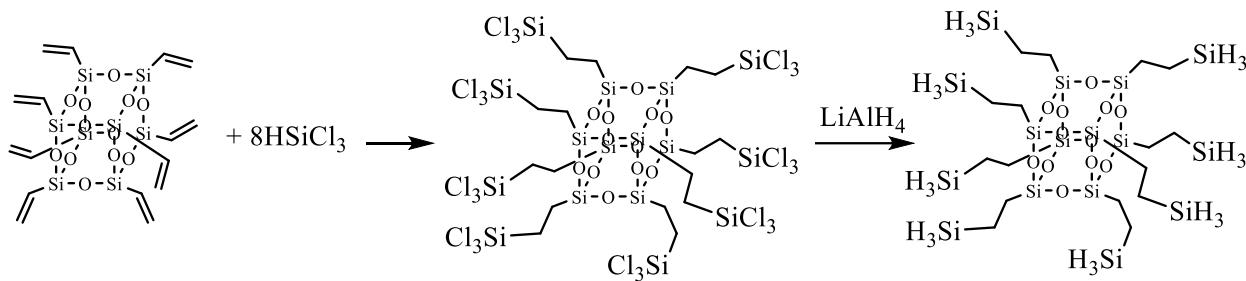


Рисунок 1 – Схема синтеза OVS-(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>SiH<sub>3</sub>)<sub>8</sub>

Гидридные производные представителя ПОСС – октавинилсиллесквиоксана используются для отверждения полидиметилсилоксановых полимеров по реакции гидросилилирования, где участвуют связь Si-H и терминальная кратная связь винил-терминированного полидиметилсилоксана (ПДМС) [1].

Также представляется интересным отверждение под воздействием ультрафиолетового излучения, что позволяет точно контролировать сам процесс отверждения – его начало и длительность протекания. Тио-функционализированные производные ОВС представляют интерес как потенциальные сшивающие агенты для силоксановых полимеров при УФ-полимеризации по тиол-еновой реакции [2].

Синтез октатио-функционализированного производного ОВС (OVS-(SH)<sub>8</sub>) проводился по схеме на рисунке 2.

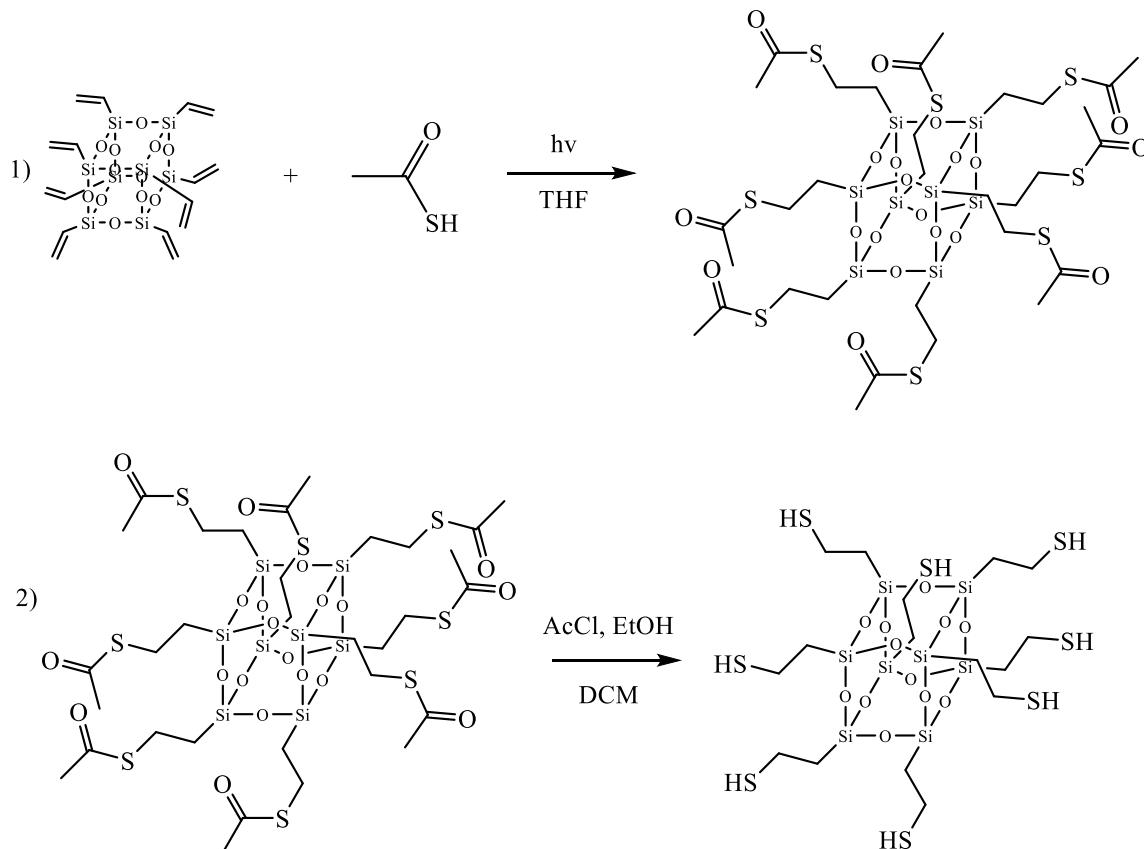


Рисунок 2 – Схема синтеза OVS-(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>SH)<sub>8</sub>

Синтез данного соединения проводился в два этапа. На первом этапе путем тиол-еновой реакции в ТГФ вели присоединение тиоуксусной кислоты по двойным связям ОВС. Затем полученное тиоацетатное производное гидролизовали смесью спирта с ацетилхлоридом в растворе дихлорметана. Протекание реакции контролировали по ТСХ.

#### *Список литературы*

1. Greatly improving thermal stability of silicone resins by modification with POSS / Y. Xu, J. Long, R. Zhang [et al.] // Polymer Degradation and Stability. – 2020. – Vol. 174. – P. 109082.
2. UV-activated hydrosilation reaction for silicone polymer crosslinking / M. Sangermano, S. Marchi, P. Meier, X. Kornmann. – DOI: 10.1002/app.38300 // Journal of Applied Polymer Science. – 2013. – Vol. 128. – № 3. – P. 1521-1526.

---

Балацкий Д. В.<sup>1,2</sup>, Будникова Ю. Б.<sup>1,2</sup>, Васильева М. С.<sup>1,2</sup>

## **КОМПОЗИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ $TiO_2-Y_xCoFe_{2-x}O_4$ И $TiO_2-Y_xCuFe_{2-x}O_4$ : ПОЛУЧЕНИЕ, СОСТАВ, ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

<sup>1</sup>Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ

<sup>2</sup>Институт химии ДВО РАН

Научный руководитель – д.х.н., доцент М. С. Васильева<sup>1</sup>

Спрос на чистую воду для устойчивой жизни растет с каждым днем. С другой стороны, выбросы загрязняющих веществ в водную систему из различных источников стали неизбежными. В частности, выбросы некоторых красителей текстильной промышленности загрязняют водоемы. Хотя загрязнители в сточных водах можно удалить физическими методами, такими как метод адсорбции, мембранные фильтрация, ионный обмен и метод коагуляции, их использование ограничено, поскольку они требуют много времени, требуют специальных методов фильтрации, а также не разрушают краситель. Перспективным методом разрушения стойких органических загрязнителей является гетерогенный фотокатализ.

Среди различных фотокатализаторов особое внимание привлекают магнитные материалы, в том числе ферриты меди ( $CuFe_2O_4$ ) и кобальта ( $CoFe_2O_4$ ). Известно [1, 2], что легирование ферритов меди и кобальта редкоземельными элементами улучшает их структурные и электромагнитные свойства. Представляло интерес изучить влияние легирования иттрием пленок ферритов меди и кобальта на их состав, морфологию, мессбауэровские параметры и фотокатализическую активность.

Оксидные покрытия на титане формировали при эффективной плотности тока 0,1 А/см<sup>2</sup> в течение 1 часа в водном электролите, содержащем 0,1 М  $Na_2SiO_3$  и 0,1 М  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ . Композитные покрытия  $TiO_2-Y_xCoFe_{2-x}O_4$  и  $TiO_2-Y_xCuFe_{2-x}O_4$  получали на поверхности пористых кремнийсодержащих ПЭО-слоев путем нанесения 200 мкл 3,8% раствора желатина, содержащего нитраты железа, меди/кобальта в стехиометрических соотношениях, при этом нитрат иттрия добавлялся в мольном количестве 10% и 20% от мольного количества железа. После чего образцы подвергались сначала отжигу при температуре 300 °C в течение 2 часов, затем при температуре 800 °C в течение 30 минут.

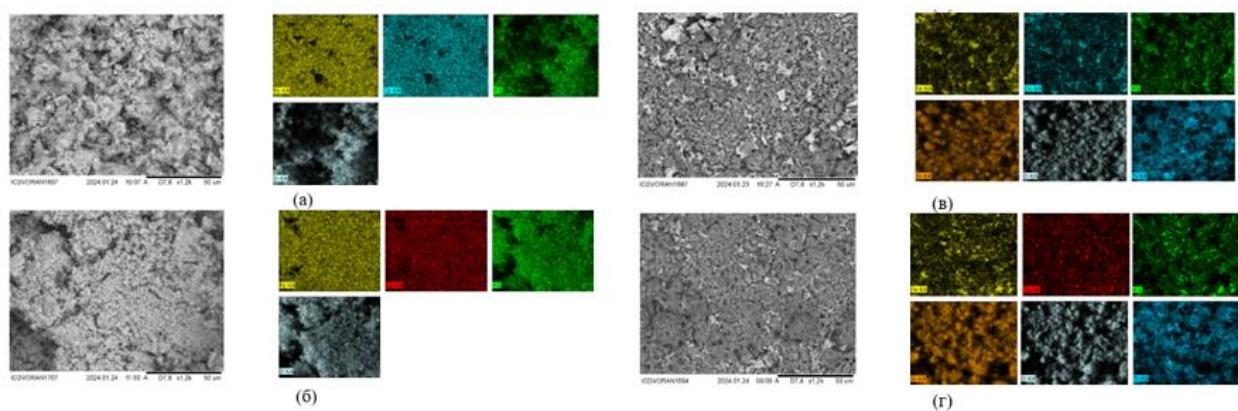


Рисунок 1 – СЭМ-изображения и карты EDX образцов (а)  $\text{CoY}_{0.2}\text{Fe}_{1.8}\text{O}_4$  (б)  $\text{CuY}_{0.4}\text{Fe}_{1.6}\text{O}_4$   
(в)  $\text{TiO}_2\text{-CoY}_{0.2}\text{Fe}_{1.8}\text{O}_4$  (г)  $\text{TiO}_2\text{-CuY}_{0.4}\text{Fe}_{1.6}\text{O}_4$

На рисунке 1 представлены морфология и карты EDX порошков и пленок ферритов кобальта и меди, допированных иттрием, на пористых кремнийсодержащих ПЭО-покрытиях. Анализ EDX подтвердил равномерное распределение Co/Cu, Fe и Y на поверхности образцов. Рассчитанный процент замещения Y и атомные отношения Fe : Cu/Co подтверждает строение полученных образцов. Также показано различие между морфологией порошкообразных ферритов и ферритовых пленок, нанесенных на ПЭО-покрытиях, сформированных в силикатном электролите. После отжига гелеобразного слоя поверхность композита повторяла морфологию исходного ПЭО-покрытия, имеющего кораллоподобную структуру.

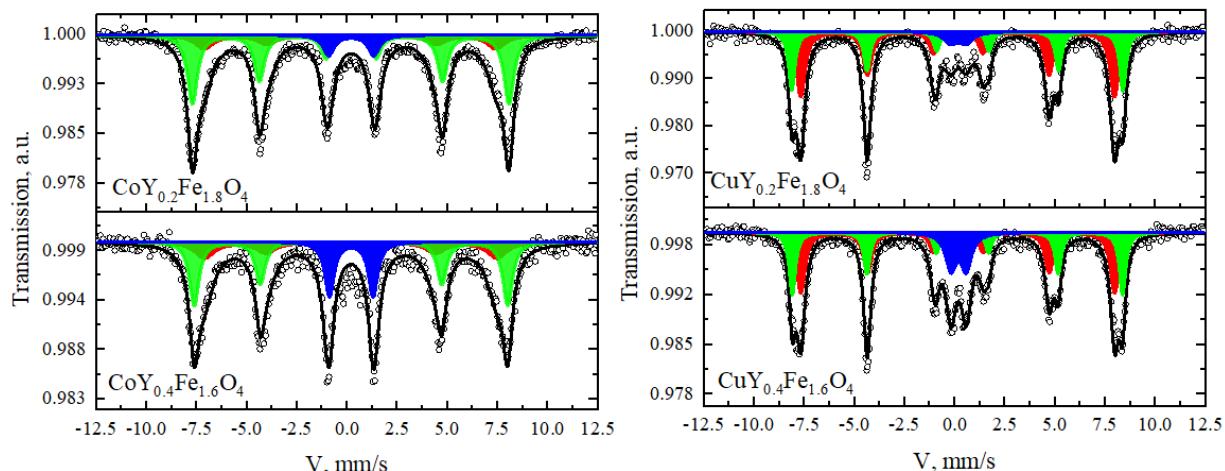


Рисунок 2 – Мессбауэровские спектры  $\text{Y}_x\text{CoFe}_{2-x}\text{O}_4$  и  $\text{Y}_x\text{CuFe}_{2-x}\text{O}_4$ , где  $x = 0,2$  и  $0,4$ :  
точки – экспериментальные данные; линии – аппроксимация спектров

Мессбауэровские спектры порошков  $\text{Y}_x\text{CoFe}_{2-x}\text{O}_4$  и  $\text{Y}_x\text{CuFe}_{2-x}\text{O}_4$ , где  $x = 0,2$  и  $0,4$ , рисунок 2, состоят из двух секстетных спектральных компонент относящихся к тетраэдрическим A-позициям и октаэдрическим B-позициям, соответствующие шпинельной структуре соединений [3]. Дополнением секстетных спектральных компонент является наличие парамагнитной спектральной компоненты, вклад в спектр которой увеличивается с увеличением содержания иттрия в образцах.

Фотокаталитическую активность образцов оценивали путем мониторинга снижения оптической плотности красителя индигокармина при длине волны 610 нм с помощью сканирующего UV-Vis спектрофотометра UV-2600PC (Shimadzu, Киото, Япония) в кварцевой кювете с оптической длиной 1 см.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИХ ДВО РАН № FWFN-2022-0002.*

*Список литературы*

1. Influence of Y<sup>3+</sup>, Yb<sup>3+</sup>, Gd<sup>3+</sup> cations on structural and electromagnetic properties of CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoferrites prepared via one step sol-gel method / A. Kiran, M. Akhtar, M. Yousaf, et. al. // Journal of Rare Earths. – 2021. – Vol. 39(10). – P. 1224-1231.
2. Boosting the catalytic performance of pristine CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> with yttrium (Y<sup>3+</sup>) inclusion in the spinel structure / R. Sharma, Komal, V. Kumar, S. Bansal, S. Singhal // Materials Research Bulletin. – 2017. – Vol. 90. – P. 94–103.
3. TiO<sub>2</sub>-CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> and TiO<sub>2</sub>-CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Composite Films: A New Approach to Composite Films: A New Approach to Synthesis, Characterization, and Optical and Photocatalytic Properties Synthesis, Characterization, and Optical and Photocatalytic Properties / D. Balatskiy, Y. Budnikova, S. Bratskaya, M. Vasilyeva // J. Compos. Sci. – 2023. – Vol. 7(7), 295.

---

Хватов В.С., Жидков М.Е.

**ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СИНТЕЗА 3,10-ДИБРОМ-6-(3'-ПИРИДИЛ)ФАСКАПЛИЗИНА**

Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ

Научный руководитель - к.х.н., доцент М.Е. Жидков

Алкалоид фаскаплизин и его производные являются перспективными соединениями-лидерами для создания лекарственных препаратов для борьбы со злокачественными новообразованиями на основе вторичных метаболитов морских организмов. Они сочетают в себе противоопухолевые, бактерицидные, противовирусные и анальгетические свойства, однако высокая токсичность ограничивает их применение в качестве лекарственных средств.

Среди них выделяется алкалоид 3,10-дибромфаскаплизин, для которого *in vitro* показана высокая антибактериальная активность, а также получены многообещающие результаты при терапии глиобластомы у мышей, однако, данное соединение обладает слабой растворимостью в воде. Для решения данной проблемы предлагается введение в структуру 3,10-дибромфаскаплизина пиридинового заместителя, что позволит за счет протонирования последнего обеспечить увеличение растворимости базовой молекулы [1]. При этом существует риск, что показатели биологической активности полученного аналога ухудшатся из-за наличия объемного заместителя в структуре, препятствующего его подходу к терапевтическим мишениям. Для проверки данного предположения ранее нашей научной группой было синтезировано производное 6-фенилфаскаплизин, в котором наличие фенильного цикла в положении 6 не оказывало влияния на биологическую активность [2]. Таким образом, введение в структуру 3,10-дибромфаскаплизина пиридинового фрагмента представляется перспективным способом оптимизации фармакокинетических свойств данного соединения.

Для достижения поставленной цели нами предложена общая схема синтеза 3,10-дибром-6-(3'-пиридил)фаскаплизина (**9**) (рисунок 1).

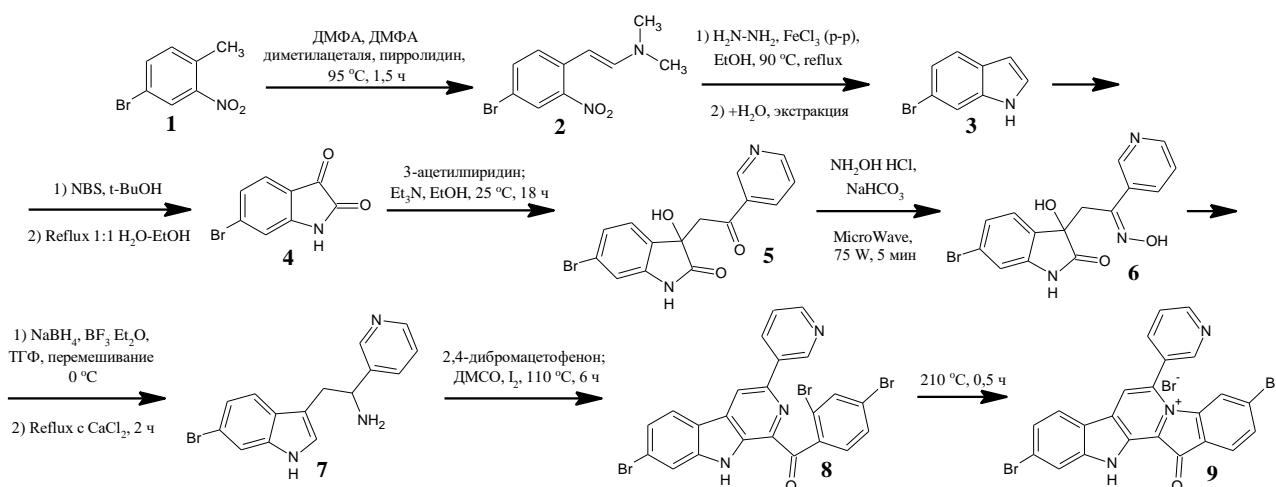


Рисунок 1 – Общая схема синтеза 3,10-дибром-6-(3'-пиридинил)фаскаплизина (**9**)

Предложенная схема представляет собой комбинацию трех методов синтеза, а именно применение метода Franklin и Whiter [3] для получения замещенных триптаминов из соответствующих изатинов с последующим введением полученного триптамина **7** в каскадную циклизацию с 2,4-дибромацетофеноном, разработанную Zhu [4] для получения замещенного β-карболина **8**, и последующую высокотемпературную кватернизацию соединения **8** в замещенный фаскаплизин по Радченко [5].

На текущий момент в ходе осуществления синтеза 3,10-дибром-6-(3'-пиридинил)фаскаплизина **9** по предложенной схеме (рисунок 1) выполнены следующие этапы:

1. Известный метод синтеза изатина из индола [6] адаптирован для синтеза 6-бромоизатина **4** из 6-бромоиндола **3** с применением *N*-бромусукцинида (NBS), выход целевого составил 83%.
2. Подобраны условия альдольной конденсации между 6-бромоизатином **4** и 3-ацетилпиридином с применением в качестве основания каталитических количеств триэтиламина, выход целевого альдоля **5** составил 74%.
3. Применение микроволнового излучения для синтеза оксима **6** значительно сокращает время проведения и обеспечивает селективное протекание реакции полученного альдоля **5** с гидроксиламином с образованием целевого соединения с выходом 68 %.
4. Изучены условия восстановления полученного оксима **6** до производного триптамина – α-(3'-пиридинил)-6-бромтриптамина **7**.

#### Список литературы

1. Total Syntheses and Preliminary Biological Evaluation of Brominated Fascaplysin and Reticulatine Alkaloids and Their Analogues / M. E. Zhidkov, P. A. Smirnova, O. A. Tryapkin, A.V. Kantemirov, Y. V. Khudyakova, O. S. Malyarenko, S. P. Ermakova, V. P. Grigorchuk, M. Kaune, Gunhild von Amsberg, S. A. Dyshlovoy – DOI: 10.3390/md17090496 // Mar. Drugs. – 2019. – Vol. 17. – Iss. 9. – P. 496.
2. Study of Structure–Activity Relationships of the Marine Alkaloid Fascaplysin and Its Derivatives as Potent Anticancer Agents / M.E. Zhidkov, M. Kaune, A.V. Kantemirov, P.A. Smirnova, P.V. Spirin, M.A. Sidorova, S.A. Stadnik, E.Y. Shyrokova, D.N. Kaluzhny, O.A. Tryapkin, T. Busenbender, J. Hauschild, T. Rohlfing, V.S. Prassolov, C. Bokemeyer, M. Graefen, G. von Amsberg, S.A. Dyshlovoy – DOI: 10.3390/md20030185 // Mar. Drugs. – 2022. – Vol. 20. – Iss. 3. – P. 185.
3. Franklin, C. S. A novel preparation of α-substituted tryptamines from isatins / C. S. Franklin, A. C. Whiter // J. Chem. Soc. – 1963. – Vol. 196, N. 2. – P. 1335-1337.

4. A Cascade Coupling Strategy for One-Pot Total Synthesis of  $\beta$ -Carboline and Isoquinoline-Containing Natural Products and Derivatives /Yan-Ping Zhu, Mei-Cai Liu, QunCai, Feng-Cheng Jia, An-Xin Wu – DOI: 10.1002/chem.201301734 // Chem. Eur. J. – 2013. – Vol. 19. – P. 10132 – 10137.

5. Radchenko, O. S. A simple and practical approach to the synthesis of the marine sponge pigment fascaplysin and related compounds / O. S. Radchenko, V. L. Novikov, G. B. Elyakov – DOI: 10.1016/S0040-4039(97)01167-2 // Tetrahedron Lett. – 1997. – Vol. 38. – P. 5339-5342.

6. Indole and Isatin Oximes: Synthesis, Reactions, and Biological Activity / E. Abele, R. Abele, O. Dzenitis, E. Lukevics – DOI: 10.1002/chin.200332255 // Chemistry of Heterocyclic Compounds. – 2003. – Vol. 39. – P. 3–35.

---

Пуничев Е.Е., Либанов В.В.

## МЕХАНОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ КОБАЛЬТ(III)ФЕНИЛСИЛОКСАНОВ

Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ

Научный руководитель - к.х.н., доцент В.В. Либанов

Метод механохимической активации находит применение не только в синтезе неорганических и органических соединений, но и широко используется для получения элементоорганических низко- и высокомолекулярных соединений. Некоторые работы посвящены механохимическому синтезу  $\beta$ -дикетонатов переходных металлов, например работы В.Д. Махаева [1], И.В. Калиновской [2]. Работ же по твердофазному синтезу и модификации металлоорганосилоксанов представлено немного.

В представленной нами работе впервые изучено взаимодействие полифенилсилесквиоксана (ПФССО) с трис-(ацетилацетонатом) кобальта (III) в условиях механохимической активации. Активацию проводили в планетарной мельнице «Pulverisette 6» с частотой 600 оборотов в минуту в течение трех минут. Доза механической активации при заданных параметрах составила 2.81 кДж/г. Исходное соотношение Si/Co = 1:1.

Ранее [3] было установлено, что механическая активация ПФССО при дозе 2.81 кДж/г приводит к его деструкции с образованием низкомолекулярных и олигомерных фенилсилоксанов. Поскольку  $\beta$ -дикетонаты d-элементов в зависимости от условий проведения реакций склонны к полимеризации, целью первого этапа нашей работы была активация исходного комплекса кобальта. Установлено, что механическая обработка трис-(ацетилацетоната) кобальта (III) не приводит к его разрушению, а также полимеризации, что, на наш взгляд, связано с координационной насыщенностью атома кобальта.

После совместной активации комплекса кобальта и ПФССО растворением в хлороформе было выделено две фракции. Согласно данным элементного и рентгенофазового анализов и ИК-спектроскопии нерастворимой фракцией является невступивший в реакцию трис-(ацетилацетонат) кобальта с незначительным содержанием продуктов деструкции кремнийорганического соединения (оксид кремния).

Растворимая фракция с массовой долей 65.81% представляла собой зеленое стеклообразное вещество. Полученное соотношение Si/Co составило 1.6. Согласно данным рентгенофазового анализа полученное соединение является высокомолекулярным, однако, присутствуют отражения, характерные для комплекса кобальта. Несмотря на это, гельпроникающей хроматографией установлено, что полимер выходит из колонки одним пиком с минимальным значением коэффициента полидисперсности, что свидетельствует об образовании координационно связанного сополимера кобальтфенилсилоксан – полимеризованный комплекс кобальта. Данное наблюдение нами регистрировалось ранее [4].

Профильный анализ рентгенограммы показал, что в соединении согласованность в расположении соседних частиц соответствует ближнему порядку в расположении звеньев цепи.

С применением метода сканирующей электронной микроскопии (рисунок 1) показано, что полученное соединение представляет собой слоистый материал с практически ровной поверхностью, на которой присутствуют равные по форме и незначительно отличающиеся по размерам поры.

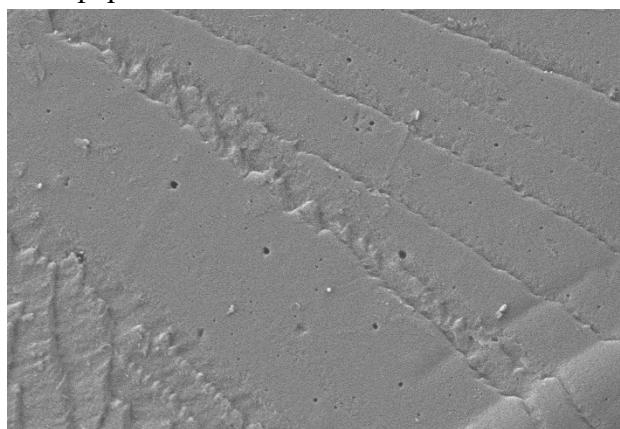


Рисунок 1 – Микрофотография растворимой фракции, 1 мкм

Энергодисперсионный рентгеновский микроанализ поверхности, проведенный в пяти точках, показал, что элементы распределены неравномерно.

Термогравиметрическим анализом установлено, что полученный координационный сополимер обладает меньшей термической стабильностью по сравнению с исходным ПФССО. Данный факт мы связываем с каталитической активностью полученного соединения, способствующей более полному и быстрому окислению органической части макромолекул.

Магнитные характеристики полученного координационного сополимера в несколько раз превосходят характеристики координационного сополимера, полученного в работе [4] на основе никеля. Так, коэрцитивная сила в 38.3 раза выше никелевого аналога и составляет 690 Ое, а поле насыщения – в 2.5 раза выше (9950 Ое).

Таким образом, нами показана возможность механохимического синтеза поликобальт(III)фенилсилоксакна, а также изучены некоторые свойства полученного соединения.

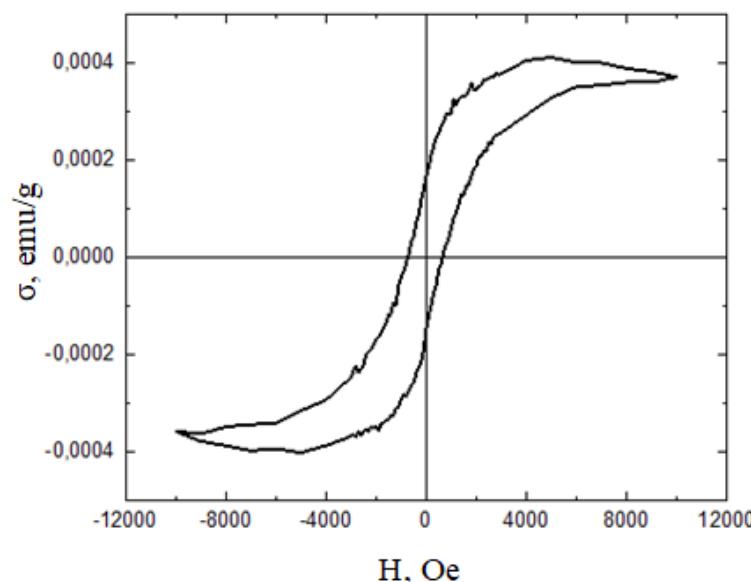


Рисунок 2 – Петля магнитного гистерезиса полученного координационного сополимера

*Список литературы*

1. Махаев, В.Д. Механохимический синтез β-дикетонатов ванадия (III) / В.Д. Махаев, Л.А. Петрова // Журнал общей химии. – 2017. – Т. 87, выпуск 6. – С. 881-885.
2. Калиновская, И.В. Механохимический синтез гидратов β-дикетонатов европия / И.В. Калиновская, В.Е. Карасев, А.В. Романченко // Журнал физической химии. – 2005. – Т. 79, № 7. – С. 1313-1316.
3. Mechanochemical synthesis of polyboronphenylsiloxanes / V. Libanov, A. Kapustina, N. Shapkin, P. Dmitrinok, Z. Puzyrkov // Polymer. – 2020. – Vol. 194. Article N 122367.
4. Механохимический синтез полиникельфенилсилоксанов / В.В. Либанов, А.А. Капустина, Е.Е. Пуничев, Н.П. Шапкин // Бутлеровские сообщения. – 2024. – Т. 77, №1. – С. 11-19.

---

Кулагина К. С., Мягчилов А. В., Соколова Л. И.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ТРИТЕРПЕНОИДОВ В РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТЯХ РАСТЕНИЯ  
ATRACTYLODES OVATA (THUNB.) DC. И ИХ КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ**

Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ  
Научный руководитель – к.б.н., доцент А. В. Мягчилов

На сегодняшний день в мире отмечается постоянно растущий интерес к лекарственным препаратам природного происхождения, в особенности – растительного. Это обусловлено рядом преимуществ, которые имеют лекарства, полученные на основе растительного сырья, в сравнении с синтетическими препаратами, а именно - их большей доступностью, минимальным количеством противопоказаний и низкой токсичностью. Кроме того, фитопрепараты обладают широким спектром фармакологического действия за счет наличия в своем составе природных биологически активных веществ.

Повышенное внимание исследователей, на данный момент, обращено к Дальневосточным видам растений, имеющим высокий потенциал применения их представителей в фармакологии. Тем не менее, фактическое использование видового состава данной уникальной флоры невелико, вследствие относительно небольшой изученности. Одним из таких малоизученных растений, произрастающих на Дальнем Востоке России, является *Atractylodes ovata* (Thunb.) DC.

Растение не включено в Государственную фармакопею РФ и официально не используется в медицине, однако находит широкое применение в китайской медицине для лечения хронических гастритов, язвенной болезни, рака желудка, заболеваний печени, хронического нефрита [1]. Это растение обладает противовоспалительным, мочегонным, антикоагулянтным, сосудорасширяющим свойствами. Лечебные свойства *Atractylodes ovata* (Thunb.) DC. обусловлены присутствием в его составе: кумаринов, алкалоидов, флавоноидов и сесквитерпеноидов, поэтому это растение можно рассматривать, как перспективный источник биологически активных соединений [2 - 5].

Целью работы являлось исследование состава тритерпеноидов в различных частях растения *Atractylodes ovata* (Thunb.) DC. и определение их количественного содержания.

Методами экстракции и препаративной колоночной хроматографии из надземных и подземных органов *Atractylodes ovata* (Thunb.) DC. впервые выделены и идентифицированы тритерпеноиды: лупеол **1**, таракастерол **2**, α-амирин **3**, β-амирин **4**, 3-O-ацетиллупеол **5**, 3-O-ацетилтаракастерол **6**, 3-O-ацетил-α-амирин **7**, 3-O-ацетил-β-амирин **8** (рисунок 1). Идентификацию выделенных соединений проводили методами ЯМР-спектроскопии и масс-спектрометрии с электронной ионизацией.

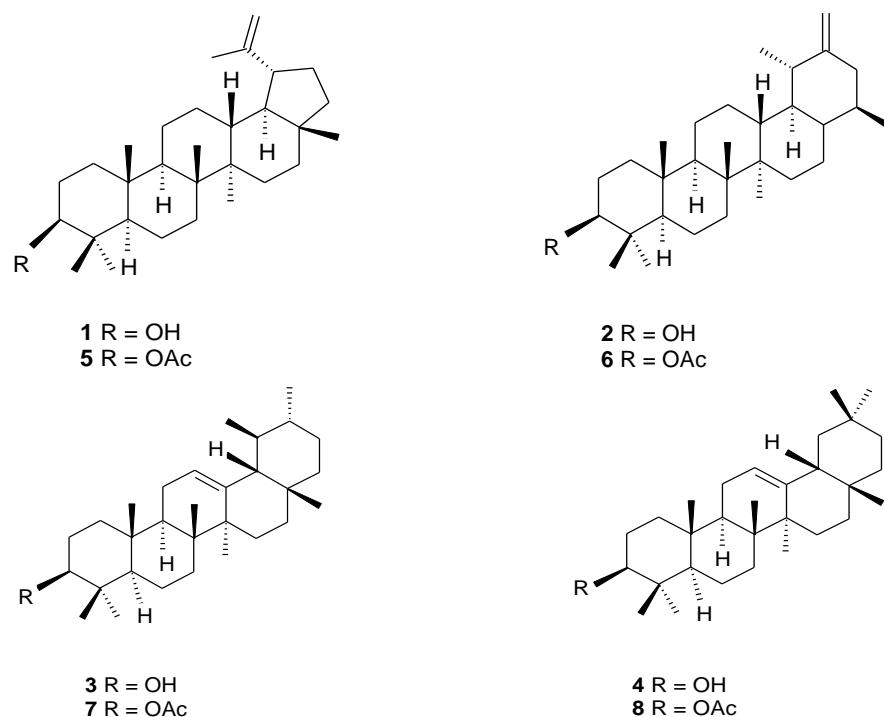


Рисунок 1 - Структурные формулы тритерпеноидов и их производных:

1 – лупеол, 2 – тараксастерол, 3 –  $\alpha$ -амирин, 4 –  $\beta$ -амирин, 5 – 3-О-ацетиллупеол,  
6 – 3-О-ацетилтараксастерол, 7 – 3-О-ацетил- $\alpha$ -амирин, 8 – 3-О-ацетил- $\beta$ -амирин

Исследовано влияние природы экстрагента (гексан, четыреххлористый углерод, 95% этанол) на выход тритерпеноидов из надземных и подземных органов растения *Atractylodes ovata*. Установлено, что максимальное извлечение тритерпеноидов из исходного сырья достигается при использовании в качестве экстрагента – четыреххлористого углерода (соцветия – 4,63 %, листья – 1,30 %, корни - 0,24 %), а минимальное – этанолом (соцветия - 1,93 %, листья – 1,18 %, корни - 0,10 %). Состав тритерпеноидов в экстрактах надземных и подземных органов *Atractylodes ovata* определяли методом ГЖХ-МС. Показано, что доминирующим тритерпеноидом в листьях и корнях *Atractylodes ovata* является лупеол ( $0,36 \pm 0,03$  % и  $0,10 \pm 0,02$  % соответственно), а в соцветиях – 3-О-ацетил- $\beta$ -амирин ( $1,05 \pm 0,04$  %) (таблица). [6]

Таблица

Содержание тритерпеноидов в *Atractylodes ovata* (Thunb.) DC  
в процентах от абсолютно сухого вещества [6]

Тритерпеноиды	Листья			Соцветия			Корни		
	CCl <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	n-C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	CCl <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O H	n-C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	CCl <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	n-C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>
$\beta$ -амирин	0,32±0,0 2	0,34±0,0 2	0,34±0,0 2	0,45±0 ,03	0,24±0 ,02	0,43±0 ,03	0,034±0, 005	0,012±0, 002	0,029±0, 004
$\alpha$ -амирин	0,26±0,0 2	0,26±0,0 2	0,26±0,0 2	0,27±0 ,02	0,15±0 ,01	0,27±0 ,02	0,034±0, 005	0,012±0, 002	0,031±0, 001
Лупеол	0,39±0,0 3	0,42±0,0 3	0,42±0,0 3	0,61±0 ,03	0,31±0 ,02	0,59±0 ,03	0,10±0,0 2	0,05±0,0 1	0,10±0,0 2
Тараксастерол	0,12±0,0 2	0,13±0,0 2	0,13±0,0 2	0,24±0 ,02	0,13±0 ,02	0,24±0 ,02	следовы е количес тва	следовы е количес тва	следовы е количес тва
3-О-ацетил- $\beta$ -амирин	0,12±0,0 1	0,04±0,0 1	0,06±0,0 1	1,11±0 ,04	0,44±0 ,03	0,98±0 ,03	0,04±0,0 1	0,014±0, 002	0,031±0, 004

3-О-ацетил- $\alpha$ -амирин	0,06±0,0 1	0,025±0, 003	0,022±0, 003	0,59±0 ,03	0,26±0 ,02	0,61±0 ,03	0,023±0, 003	0,008±0, 001	0,020±0, 002
3-О-ацетиллупеол	0,11±0,0 2	0,030±0, 004	0,030±0, 003	0,78±0 ,03	0,31±0 ,02	0,73±0 ,03	0,015±0, 002	0,007±0, 001	0,018±0, 003
3-О-ацетилтараксастерол	0,026±0, 004	0,009±0, 001	0,008±0, 001	0,82±0 ,03	0,20±0 ,01	0,61±0 ,02	следовы е количес тва	следовы е количес тва	следовы е количес тва

### Список литературы

1. Фруентов, Н. К. Лекарственные растения Дальнего востока/ Н. К. Фруентов. – Хабаровск: Хабаровское книжное издательство, 1987. – 368 с.
2. Chemical constituents of *Atractylodes chinensis* (DC.) Koidz. / H. Meng, G. Li, R. Dai [et al.]. – DOI 10.1016/j.bse.2010.12.023 // Biochemical Systematics and Ecology. – 2010. – Vol. 38, № 6. – P. 1220-1223.
3. Anti-Oxidative Abilities of Essential Oils from *Atractylodes ovata* Rhizome. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine / K. T. Wang, L. G. Chen, D. S. Chou [et al.]. – DOI 10.1093/ecam/neq006 // Evidence-based Complementary and Alternative Medicine. – 2011. – Vol. 2011, Art. 204892. – URL: <https://www.hindawi.com/journals/ecam/2011/204892/>
4. Glycosides of *Atractylodes ovata*. / J. Kitajima, A. Kamoshita, T. Ishikawa [et al.]. – DOI 10.1248/cpb.51.1106 // Chemical and Pharmaceutical Bulletin. – 2003. – Vol. 51, № 9. – P. 1106 – 1108.
5. Теплякова, Д. В. Фенольные соединения *Atractylodes ovata* THUNB. DC. : выпускная квалификационная работа /Д.В. Теплякова. – 2021. - С.47.
6. Извлечение и идентификация тритерпеноидов *Atractylodes ovata* (Thunb.) DC. / А. В. Мягчилов, Л. И. Соколова, К. С. Кулагина, Р. В. Дудкин. – DOI 10.30906/0023-1134-2023-57-8-46-50 // Химико-фармацевтический журнал. – 2023. – Т. 57, № 8. – С. 271.

---

Авдеев Ф. С., Третьякова Г.О.

### СИНТЕЗ 3-АМИНО-1,5-ДИФЕНИЛПЕНТА-4-ЕН-1-ОНАТА ДИФТОРИДА БОРА

Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ

Научный руководитель – к.х.н., доцент Г. О. Третьякова

Полиметиновые красители представляют собой универсальный класс соединений, находящих применение в различных областях науки и техники [1]. Природа и характер функциональных групп в концевых положениях полиметиновой цепи существенно влияют на фотофизические и электрохимические свойства данного класса соединений. Внутрилигандный перенос заряда приводит к флуоресцентному излучению, которое зависит от полярности растворителя [2]. Полиметиновые дифторидные комплексы бора являются универсальными флуороформами, что делает возможным их использование в качестве наночастиц для биовизуализации клеток [3].

Целью работы является синтез кетоиминатного полиметинового красителя 3-амино-1,5-дифенилпента-4-ен-1-оната дифторида бора (5) различными способами (рисунок 1).

Попытка синтеза соединения 5 из бензалацетона 1 через стадию получения дикетонатного полиметинового комплекса 3 не оказалась успешной так как привела к образованию трудноразделимой смеси веществ.

Путь синтеза 5 через стадию образования кетоиминатного производного бензоилацетоната дифторида бора 7 с последующим взаимодействием с бензальдегидом также не оказался успешным.

Взаимодействие 7 с бензальдегидом не приводит к образованию полиметинового комплекса 5, вероятно, вследствие электронных и стерических эффектов, обусловленных наличием аминогруппы в 7.

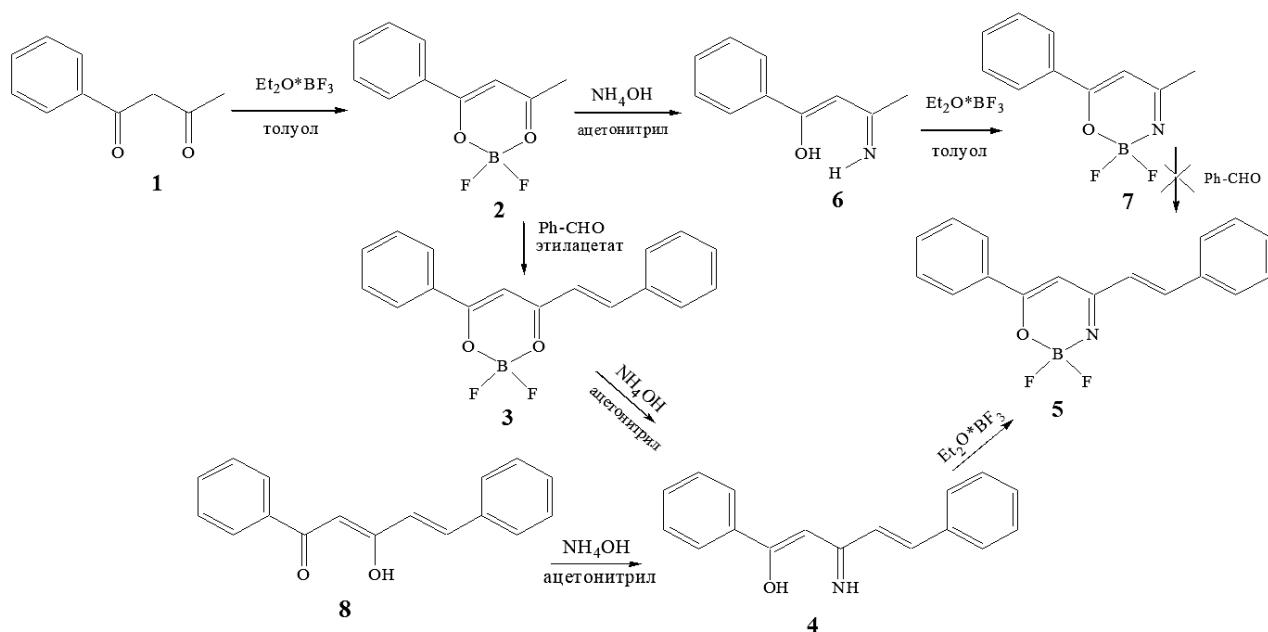


Рисунок 1 – Схема синтеза соединения 5

Способ синтеза комплекса 5 из полиметинового лиганда 8 оказался наиболее успешным. На первой стадии синтеза на 8 действуют раствором амиака с получением соответствующего кетоиминатного лиганда, который вводится в реакцию хелатирования с образованием целевого комплекса 5. Осложняет данный способ синтеза получение вещества 8. Данный лиганд был получен из спироборатного комплекса 10 реакцией кипячения в этаноле с небольшим выходом (рисунок 2).

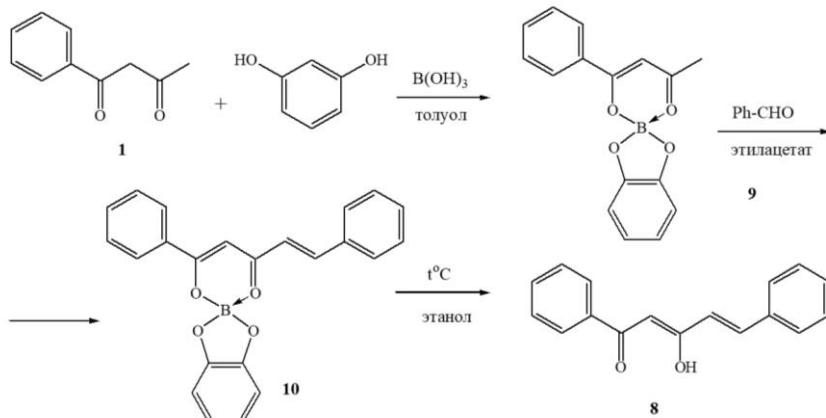


Рисунок 2 – Схема синтеза соединения 8

Комплекс 5 обладает яркой люминесценцией как в кристаллах, так и в растворе. Показано, что 5 проявляет сольватохромные и механохромные свойства.

#### Список литературы

- Шапиро, Б. И. Наноархитектура агрегатов полиметиновых красителей / Б. И. Шапиро // Тонкие химические технологии. – 2019. – Т. 14, № 9. – С. 5-14.
- Borondifluoride complexes of hemicurcuminoids as bio-inspired push-pull dyes for bioimaging / E. Kim, A. Felouat, E. Zaborova [et al.] // Org. Biomol. Chem. – 2015. – Р. 1-31.

3. Ethynylene-analogues of hemicurcuminooids: Synthesis and ground and excited properties of their boron difluoride complexes / B. Stefane, F. Pozgan, E. Kim [et al.] // Dyes and Pigments. – 2017. – Vol. 141. – P. 38-47.

---

Чаплыгина Д.А., Патрушева О.В., Штарев Д.С.

## ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ГИБРИДНЫХ ПЕРОВСКИТОВ НА ОСНОВЕ 2-МЕТИЛ- И 2-БРОММЕТИЛПИРИДИНОВ

Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ

Научный руководитель - к.х.н., доцент О.В. Патрушева

Соруководитель – д.ф.-м.н., профессор Д.С. Штарёв

В настоящее время всё больше исследований посвящается гибридным органо-неорганическим перовскитам, которые находят широкое применение в фотоэлектронике, например, в составе лазеров [1], светодиодов [2] и солнечных элементов [3]. Это стало возможным благодаря лёгкости их получения и особым нелинейно-оптическим свойствам. На физические характеристики таких материалов может оказывать влияние введение в структуру органического катиона заместителей, смещающих электронную плотность [4].

Целью работы является получение гибридных перовскитов на основе 2-метилпиридина, 2-бромметилпиридина и бромида свинца; изучение влияния электроноакцепторного заместителя на их структуру, термические и люминесцентные свойства.

Образцы получали смешением растворов пиридиновых производных и бромида свинца в НBr в различных условиях и соотношениях, представленных в таблице.

Таблица

### Условия получения исследуемых образцов

№ образца	Органический катион	Соотношение реагентов	Условия получения
1	2-метилпиридин	1:1	Кристаллизация из раствора
2		2:1	Кристаллизация из раствора
3		1:1	Высаждение из фильтрата
4	2-бромметилпиридин	1:1	Кристаллизация из раствора
5		2:1	Кристаллизация из раствора
6		1:1	Высаждение из фильтрата

Полученные вещества исследованы методом ИК-спектроскопии, рентгенофазового и рентгеноструктурного анализов, методами термогравиметрии и спектрофлуориметрии.

Данные ИК-спектроскопии подтверждают наличие соответствующих органических катионов в составе перовскитов.

Для крупнокристаллических образцов (1, 2, 4, 5) получены данные рентгеноструктурного анализа. При взаимодействии равных количеств органического и неорганического компонентов образуются двумерные кристаллы (образцы 1, 4), а при избытке органического катиона – одномерные (образцы 2, 5). Это вызвано тем, что органические молекулы окружают цепочки из октаэдров бромида свинца и препятствуют формированию дополнительных связей между ними. Рассчитанные по кристаллической структуре дифрактограммы полученных перовскитов совпадают с экспериментальными. В случае порошковых образцов 3 и 6 данные рентгенофазового анализа указывают на отличие их структур от исследованных кристаллов перовскитов 1, 2, 4, 5.

Термическую устойчивость материалов изучали в диапазоне температур от 30 до 1000 °С. До 150 °С для всех материалов потеря массы не наблюдается. Далее хорошо различимы две стадии разложения. На первом этапе, начиная от 150-200 °С, в зависимости от образца, происходит удаление из структуры органического катиона. Для образцов 1, 3, 4 этот процесс сопровождается понижением скорости разложения и появлением «плеча» на дериватограмме, что предположительно связано с потерей бромоводородной кислоты [4]. Вторая стадия разложения протекает в интервале температур 390-810 °С и соответствует разложению бромида свинца. Образцы с бромированным заместителем характеризуются меньшей термической устойчивостью.

Люминесцентные свойства перовскитов исследованы при температуре 78 К. Введение брома в структуру 2-пиколина приводит к смещению максимумов люминесценции в сторону длинноволновой области спектра для образцов 1, 2, 4, 5 и в сторону более коротких длин волн в случае образцов 3, 6. Для всех образцов наблюдается уменьшение диапазона длин волн возбуждения люминесценции.

Таким образом, изменение соотношений органического реагента и бромида свинца приводит формированию 1D и 2D кристаллов перовскитов. Введение брома в метильную группу 2-метилпиридинина оказывает существенное влияние на термические и люминесцентные свойства получаемых материалов.

#### *Список литературы*

1. Zhang, Q. Advances in Small Perovskite-Based Lasers / Q. Zhang and et al. – DOI 10.1002/smtd.201700163 // Small Methods. – 2017. – №1. – 1700163.
2. Lin, K. Perovskite light-emitting diodes with external quantum efficiency exceeding 20 per cent / K. Lin and et al. – DOI 10.1038/s41586-018-0575-3 // Nature. – 2018. – №562. – P. 245-259.
3. Yang, D. Recent Advances in Flexible Perovskite Solar Cells: Fabrication and Applications / D. Yang and et al. – DOI 10.1002/anie.201809781// Angew. Chem. Int. Ed. – 2019. – №58. – P. 4466 – 4483.
4. Gomez V. Structural diversity in substituted-pyridinium iodo- and bromoplumbates: a matter of halide and temperature / V. Gómez, O. Fuhra, M. Ruben – DOI 10.1039/C6CE01684G // Cryst. Eng. Comm. – 2016. – №18. – P. 8207-8219.

---

Бояркина В.А.<sup>1</sup>, Васильева М.С.<sup>1,2</sup>

#### **СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ Zn-, Cu-СОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ НА ТИТАНЕ**

<sup>1</sup>Департамент ядерных технологий ИТПМ ДВФУ

<sup>2</sup> Институт химии ДВО РАН

<sup>1</sup>Научный руководитель - д.х.н., доцент М.С. Васильева

Наиболее перспективными технологиями уничтожения широкого спектра токсичных органических веществ являются технологии безреагентной очистки воды, в том числе гетерогенный фотокаталит. Среди различных материалов, исследуемых в качестве фотокатализаторов, особый интерес представляют пленочные гетероструктуры на основе различных полупроводников, например, ZnO-CuO [1]. Одним из основных недостатков применения таких структур в качестве фотокатализаторов является фотонестабильность из-за фотокоррозии под воздействием УФ-излучения. Повысить устойчивость таких систем можно путем их иммобилизации на инертных носителях. Среди различных пористых фотоактивных материалов-носителей большой интерес вызывает кремнезем из-за его большой площади поверхности, высокой пористости, УФ-прозрачности, доступности, хорошей экологической устойчивости и совместимости с другими материалами. Композиты Ti/TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> с шероховатой,

развитой поверхностью и пористой структурой могут быть получены методом плазменного электролитического окисления (ПЭО) титана в водных электролитах, содержащих метасиликаты щелочных металлов, например,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  [3]. ПЭО – образование оксидных слоев на металлах под воздействием электроискровых и дуговых разрядов на границе раздела металл/электролит.

В настоящей работе представлены результаты исследования состава, морфологии поверхности и оптических свойств Zn-, Cu-содержащих покрытий на титане, полученных комбинацией методов ПЭО и пропитки. ПЭО-обработку проводили в гальваническом режиме при плотности тока  $0,1 \text{ A}/\text{cm}^2$  в течение 10 мин в водном электролите, содержащем  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (Ti/Si). Далее Ti/Si образцы модифицировали цинком двумя способами. В первом случае Ti/Si образцы сначала выдерживали в 2,5 M NaOH в течение 60 мин, далее в 1 M  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  в течение 30 мин при  $80^\circ\text{C}$  и промывали дистиллированной водой. Во втором случае Ti/Si образцы сначала выдерживали в 1 M  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  в течение 30 мин при  $80^\circ\text{C}$ , далее в 0,1 M NaOH в течение 60 мин, и промывали дистиллированной водой. В обоих случаях цинк-содержащие композиты прокаливали при  $500^\circ\text{C}$  в течение 60 мин, после чего выдерживали 30 мин в 0,1 M  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  и далее прокаливали при  $500^\circ\text{C}$  в течение 60 мин. После этого цинк-содержащие композиты выдерживали 30 мин в 0,1 M  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  и далее прокаливали при  $500^\circ\text{C}$  в течение 60 мин. Образцы, полученные по первому способу, были обозначены Ti/Si/Cu,Zn-1, по второму - Ti/Si/Cu,Zn-2.

Рентгенофазовый анализ показал, что все полученные композиты включают в состав только оксид титана в модификациях рутил и анатаз, цинк- и медь-кристаллические соединения не обнаружены. Согласно данным энергодисперсионного анализа все полученные композиты содержат углерод, кислород, титан, медь, цинк и кремний (таблица). Содержание цинка в обоих образцах невелико и не превышает 0,3 ат. %, тогда как содержание меди составляет 6-7 ат.%. Последнее может свидетельствовать о том, что соединения меди закрывают все участки, содержащие цинк. Данный факт очевидно обусловлен тем, что нанесение меди на образцы в обоих случаях было последней стадией. Кроме того, следует отметить, что образцы Ti/Si/Cu,Zn-1 содержат более высокое количество титана, меди и цинка по сравнению с Ti/Si/Cu,Zn-2 образцом.

Таблица

Элементный состав полученных композитов

Образец	Элементный состав, ат. %					
	C	O	Ti	Cu	Zn	Si
Ti/Si/Cu,Zn-1	4,0	52,1	10,6	6,7	0,3	26,3
Ti/Si/Cu,Zn-2	9,6	56,4	3,0	5,3	0,1	25,5

Для оценки оптических свойств сформированных композитов были получены спектры диффузного отражения, которые использовали для расчета коэффициентов поглощения по функции Кубелки-Мунка (рисунок 1а). На спектре поглощения обоих образцов присутствует пик поглощения в УФ области спектра. Для образца Ti/Si/Cu,Zn-1 интенсивность пика выше, чем для образца Ti/Si/Cu,Zn-2. Экстраполяция линейного спада кривой  $(F(r)hv)^{1/2}$  на ось абсцисс ( $hv$ ) дала значения  $E_g$  для прямых разрешенных переходов, которые представлены на рисунке 1б.

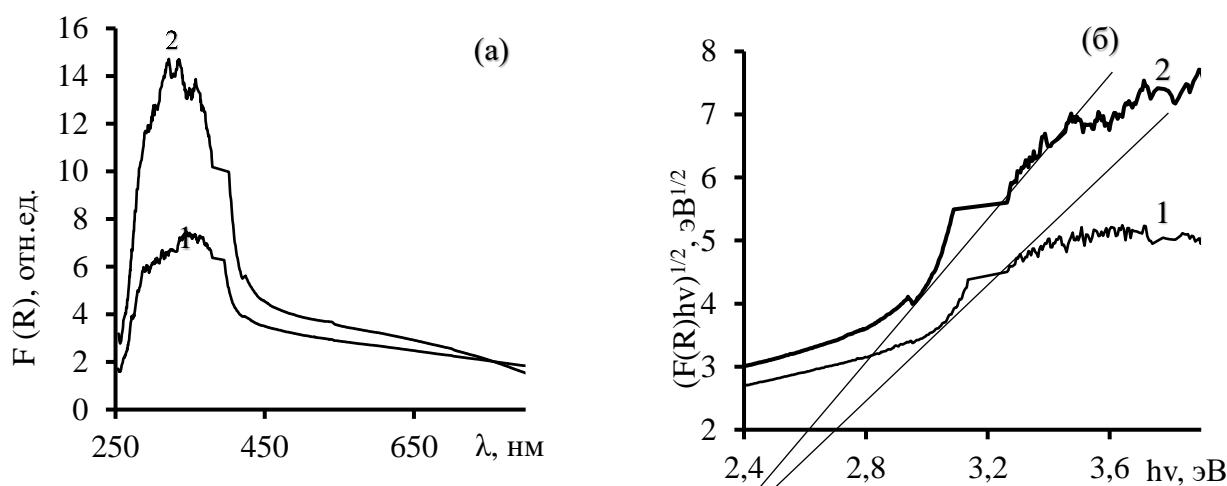


Рисунок 1 – Спектры диффузного отражения в координатах Кубелки-Мунка (а) и определение края фундаментального поглощения для прямых разрешенных электронных переходов (б) в образцах  
1 – Ti/Si/Cu,Zn-1  
2 – Ti/Si/Cu,Zn-2

Рассчитанные методом Тауца значения ширины запрещенной зоны  $E_g$  составили 2.6 и 2.5 эВ для Ti/Si/Cu,Zn-1 и Ti/Si/Cu,Zn-2, соответственно. Полученные покрытия проявляют слабую фотокаталитическую активность в реакции деградации метилового оранжевого МО (10 мг/л, pH 6.8, 10 ммоль/л H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) при облучении УФ и видимым светом. В присутствии обоих покрытий степень деградации МО при облучении УФ светом не превышает 10 %.

#### Список литературы

1. Murzin, S.P. Formation of ZnO/CuO heterostructures based on quasi-one-dimensional nanomaterials / S.P. Murzin // Appl. Sci. – 2023. – V. 13. – P. 488.
2. Galedari, N.A. Preparation, characterization, and application of ZnO@SiO<sub>2</sub> core-shell structured catalyst for photocatalytic degradation of phenol / N.A. Galedari et al. // Environ. Sci. Pollut. Res. – 2017. – V. 24. – P. 12655–12663.
3. Zhang, W. Preparation and characterization of a novel Si-incorporated ceramic film on pure titanium by plasma electrolytic oxidation / W. Zhang et al. // Appl. Surf. Sci. – 2008. – V. 254. – P. 5216-5223.

---

Ермолина К.Г., Гач И.С., Чаплыгина Д.А., Патрушева О.В.

#### БРОМИРОВАНИЕ 4-МЕТИЛПИРИДИНА ПО КЛАССИЧЕСКОЙ ПРОЦЕДУРЕ И ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ

Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ  
Научный руководитель - к.х.н., доцент О.В. Патрушева

Использование микроволнового синтеза является важным направлением в современной органической химии. Способность увеличивать скорость химических реакций до 200 раз по сравнению с классическими методами синтеза играет ключевую роль в экономии времени и ресурсов [1]. Это особенно важно в сфере научных исследований, где микроволновый синтез позволяет получать сложные соединения более эффективно и быстро.

Возможность проведения бромирования ароматических соединений с боковой алифатической цепью с использованием микроволновой техники открывает новые перспективы для исследований в этой области.

Целью исследования является изучение влияния воздействия СВЧ-излучения на бромирование 4-метилпиридина в различных условиях.

По классическим методикам бромирование метилпиридинов проводят в тетрахлорметане при температуре кипения растворителя, при различных соотношениях метилпиридин : бромсукинimid время реакции 3-24 час. [2, 3]. При использовании СВЧ-излучения в реакции бромирования замещенных ароматических соединений предлагается проводить реакцию в этилацетате [4].

В данной работе были проведены реакции взаимодействия 4-метилпиридина с бромсукинimidом по классической методике и под воздействием СВЧ-излучения. После бромирования отделяли твердые осадки и фильтраты анализировали методом ГХ-МС. По классической методике в реакционной смеси 4-метилпиридина получили сложную смесь продуктов.

Во втором случае реакцию проводили под действием СВЧ-излучения в течение 80 минут в этилацетате при различных соотношениях 4-метилпиридин: бромсукинimid. Получили два основных продукта: дигром- и тригром- производные метилпиридина, причем при соотношении 1:3 образуется преимущественно тригром- производное 4-метилпиридина.

Таким образом, методика бромирования 4-метилпиридина с использованием СВЧ-излучения, в отличие от классических методов, обладает преимуществом во времени проведения. СВЧ-излучение, вероятно, обеспечивает более эффективное воздействие на процесс бромирования 4-метилпиридина.

#### *Список литературы*

1. Ребров, Е. В. Микроволновой органический синтез в микроструктурированных реакторах / Е. В. Ребров // Российский химический журнал. – 2011. – Вып. 2. – С. 34-42.
2. Regioselectivity in free radical bromination of unsymmetrical dimethylated pyridines / Rajesh Thapa, Jordan Brown, Thomas Balestri, Richard T. Taylor // Tetrahedron Letters. – 2014. – Issue 49, Vol. 55. – P. 6743-6746.
3. The reaction of n-bromosuccinimide with some alkyl pyridines / James P. Kutney, W. Cretney, T. Tabata, M. Frank // Canadian Journal of Chemistry. – 1964. – Issue 42, Vol. 3. – P. 491–501.
4. Microwave-assisted benzyl mono- and dibromination in diethyl carbonate as environmentally friendly alternative to radical bromination in carbon tetrachloride / Subramanya R. K. Pingali. Sunil K. Upadhyaya. Branko S Jursic // Green Chemistry. – 2011. – Vol. 13. – P. 928-933.

---

Ившина А.А., Карпов В.В., Половов И.Б., Лисиенко Д.Г., Ребрин О.И.

#### **ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ТЕТРАХЛОРИДА ЦИРКОНИЯ НА ЭЛЕКТРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОЛЕВОГО РАСПЛАВА СИСТЕМЫ KCl-AlCl<sub>3</sub>**

ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург  
Научный руководитель - д.х.н., профессор О.И. Ребрин

Метод экстрактивной ректификации — высокоэффективный способ разделения циркония и гафния с получением тетрахлорида циркония, который может быть напрямую использован для получения циркониевой губки ядерной степени чистоты. Данный способ основан на разделении тетрахлоридов циркония и гафния при контролируемом давлении в непосредственном их контакте с легкоплавким растворителем. Химизм процесса разделения состоит в различии давления паров

хлоридов циркония и гафния над жидкокислым экстрагентом — расплавленной смесь хлоридов алюминия и калия. В ходе технологического процесса неизбежно происходит изменение соотношения концентраций хлоридов калия и алюминия в хлоралюминатном расплаве из-за испарения хлорида алюминия или его гидролиза при попадании в атмосферу аппаратов паров воды, что приводит к повышению растворимости соединений примесных компонентов, увеличению их содержания в жидкой фазе и, как следствие, повышению скорости коррозии конструкционных материалов [1].

Экспресс-информация об изменении соотношения хлоридов алюминия и калия может быть получена методом электрохимического анализа. Электроды, чувствительные к потенциалопределяющим ионам, являются потенциально применимыми для контроля состава электролита. Основой для разработки электрохимического метода анализа солевых плавов служит изучение взаимосвязи кислотно-основных равновесий и электрохимических свойств хлоралюминатных расплавов, в том числе содержащих цирконий.

По результатам ранее проведенных исследований [2] была построена градиуровочная зависимость электродного потенциала индикаторного электрода относительно алюминиевого электрода сравнения в зависимости от мольного отношения Al/K. Как показано на рисунке 1, при росте концентрации алюминия в расплаве электродный потенциал системы изменяется скачкообразно. Рост электродного потенциала связан с увеличением в расплаве концентрации ионов  $Al_2Cl_7^-$  и переходе системы в кислую область с позиции теоретических представлений о кислотно-основных свойствах в рамках теории Льюиса.

Однако, с технологической точки зрения наибольший интерес представляет информация о влиянии присутствия ионов циркония в электролите на потенциал индикаторных электродов при различном мольном отношении Al/K. В настоящей работе проанализировано влияние концентрации растворенного циркония на потенциал индикаторного алюминиевого электрода в расплаве с фиксированным мольным отношением Al/K. Все измерения были проведены при 350 °C относительно алюминиевого электрода сравнения в системе Al/AlCl<sub>3</sub>-KCl, находящейся в равновесии с хлоралюминатным электролитом, контактирующим с твёрдым хлоридом калия. Достоверность полученных значений подтверждается их воспроизводимостью, о чём свидетельствуют результаты параллельных измерений в идентичных условиях.

С целью проверки возможности использования потенциометрического метода контроля мольного отношения Al/K в цирконийсодержащих распавах на первом этапе проведены эксперименты по насыщению исходного расплава, состав которого отвечал мольному отношению Al/K = 0,9 В, хлоридом алюминия. Установлено (рисунок 2), что введение хлорида алюминия в расплавленный хлоралюминатный расплав приводит к сдвигу кислотно-основного равновесия в сторону кислых компонентов, в результате чего происходит изменение ионно-координационного состояния компонентов электролита в направлении, отвечающим мольному отношению Al/K = 1,1 В. Образование более устойчивых в кислой среде комплексов  $Al_2Cl_7^-$  коррелирует со значительным ростом значения электродного потенциала в диапазоне от 0 до 0,8 В, что соответствует описанному ранее сдвигу потенциала в область положительных значений по мере увеличения кислотности электролита. Результаты экспериментов по изучению введения добавок ZrCl<sub>4</sub> в сочетании с определением значений электродного потенциала показали, что при содержании циркония в расплаве 0,5 мас. % и более и мольном отношении Al/K равном 1,1, что величина электродного потенциала существенным образом не меняется. На основании полученных данных сделан вывод, что добавки ZrCl<sub>4</sub> не оказывают значительного влияния на кислотно-основное равновесие в электролите и основной алюминийсодержащей формой в расплаве остается  $Al_2Cl_7^-$ .

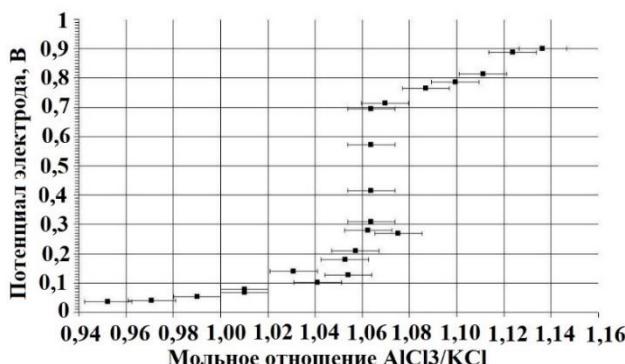


Рисунок 1 — Градуировочная кривая для определения мольного отношения AlCl<sub>3</sub>/KCl

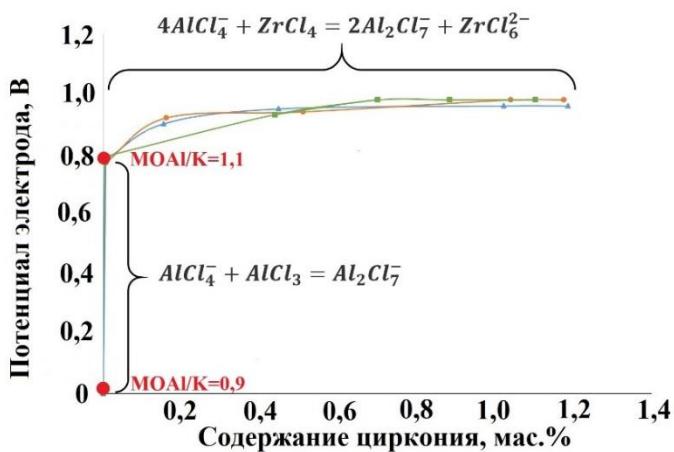


Рисунок 2 — Зависимость потенциала индикаторного алюминиевого электрода в расплаве хлоралюмината калия от содержания циркония

#### Список литературы

1. Production of nuclear grade zirconium: A review / L. Xu, Y. Xiao, A. van Sandwijk, Q. Xu and Y. Yang // J. Nucl. Mater. – 2015. – V. 466. – P. 21-28: <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2015.07.010>.
2. Пат. 2544307 Российская Федерация, МПК G01N27/26. Способ контроля основных компонентов хлоралюминатного расплава / Карпов В.В., Половов И.Б., Ребрин О.И., Шипулин С.А., Скиба К.В., Богдяж А.В. ; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество "Чепецкий механический завод" (ОАО ЧМЗ) (РФ). – № 2544307 ; заявл. 13.06.2013 ; опубл. 20.03.2015, Бюл. №8. – 8 с.

Ишпаева А.Н., Соколова Л.И.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТИБИОТИКОВ ХЛОРФЕНИКОЛОВОЙ ГРУППЫ В СТОЧНЫХ ВОДАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ  
Научный руководитель - к.х.н., профессор Л.И. Соколова

Методом спектрофотометрического анализа многокомпонентных смесей определено содержание антибиотиков хлорамфеникола и тиамфеникола (препарат флуимуцил) в сточной воде, при использовании различных растворов сравнения. Выбран способ удаления балластных веществ из анализируемой пробы, с целью повышения селективности методики. Правильность методики доказана методом «введено» - «найдено».

Антибиотики хлорамфениколовой группы на сегодняшний день используются в сельскохозяйственных предприятиях, как добавка к кормам для животных, так и для лечения животных, рыб и птиц. Наиболее широкое применение нашел антибиотик тиамфеникол.

Антибиотики обычно определяют хроматографическими и иммуноферментными методами. Спектрофотометрические методы используются весьма ограниченно при определении этого класса лекарственных препаратов. Для определения антибиотиков в сточных водах эти методы не используются.

Методы определения должны включать стадию пробоподготовки, предусматривающую очистку от балластных веществ. Сложность этого процесса состоит в том, что сточные воды, как правило, содержат вещества различных классов. Поэтому поиск путей и способов увеличения селективности методики за счет концентрирования аналита и удаления балластных веществ является важной и актуальной задачей.

Материалы и методы исследования:

1. УФ-спектрофотометр UV mini visible-1240 (Shimadzu, Япония).
2. Хроматограф Agilent (ВЭЖХ)
3. Кремнезем марки 175, прокаливали в муфельной печи при температуре 1000 °C в течение 2 часов
4. Препарат «Флуимуцил» приобретен в аптечной сети г. Владивостока;
5. ГСО тиамфеникола 50 мг
6. Модельный раствор сточной воды (приготовлен из рыбных отходов)

Для получения результата, исследуемая вода была отфильтрована через бумажный фильтр «синяя лента» для удаления механических примесей и трижды пропущена через слой кремнезема. Полученный раствор анализировали методом спектрофотометрии. Идентификацию хроматографических пиков проводили, сравнивая времена удерживания и временами удерживания стандартных соединений. Исследована возможность определения антибиотиков хлорамфеникола и тиамфеникола при совместном присутствии.

Методом «введено-найдено» показано, что количественное определение антибиотиков хлорамфеникола и тиамфеникола при совместном присутствии (по методу Фирордта) позволяет получить достоверные результаты. Предлагаемая методика не содержит систематической ошибки, что подтверждено при помощи простого теста Стьюдента:  $\xi < t(0,95;4)$ ;  $t (0, 95; n=4) - 3,18$ ;  $\xi=2,35$ .

Исследована возможность извлечения антибиотика тиамфеникола из сточной воды. Показано, что для повышения селективности извлечения эффективен способ очистки сточной воды с применением пирогенного кремнезема.

Предложен способ определения антибиотика тиамфеникола в сточной воде рыбохозяйственных предприятий при содержании антибиотика от 0,002 мг/мл до 0,008 мг/мл методом спектрофотометрии.

---

Малышев А.Н.<sup>1</sup>, Данилов Д.А.<sup>1</sup>, Киселева Д.В.<sup>2</sup>

## ВЫБОР РАСТВОРИТЕЛЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ В ОБЪЕКТАХ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

<sup>1</sup>Кафедра ФХМА, УрФУ, г. Екатеринбург

<sup>2</sup>Институт геологии и геохимии имени ак. А.Н. Заварицкого УрО РАН, г. Екатеринбург

Научный руководитель – к.х.н., доцент Д.А. Данилов

Во многом разработка методики количественного анализа (КО) базируется на этапах и процедурах, хорошо зарекомендовавших себя при качественном изучении материала. Так карбоновые кислоты зачастую определяют в виде метиловых и силилиловых эфиров. Для получения метиловых

эфиров (МЭЖК) при изучении живописи или археологических образцов принято использовать либо кислый метанолиз, либо дериватизирующие агенты (например, DMF-DMA). В случае силилиловых – BSTFA, MTBSTFA и др [1, 2].

В работах, где проводилось определение содержания карбоновых кислот в объектах культурного наследия, некоторые из исследователей [3] считают, что, не внося в процедуру пробоподготовки изменений и дополнительно вводя лишь метод КО (например, абсолютную градуировку или внутренний стандарт), можно получить данные по достоверному содержанию анализов в пробе. А также встречаются работы, в которых авторы определяют силилиловых эфиры после кислотного гидролиза [4]. Мы же предполагаем, что необходимо уделить большее внимание этапу пробоподготовки в связи с образованием возможных побочных продуктов, что будет приводить к снижению аналитического сигнала (AC).

Обычно процедура пробоподготовки включает в себя экстракцию методом Фолча, а также омыление. Предположение о снижении AC основано именно на том, что омыление проходит в водно-спиртовом растворе, который в дальнейшем подкисляется для перевода карбоновых кислот из солей в исходную форму. Причем обычно раствор нагревают до 50-70 °C [2, 3, 4]. Все это может привести к частичному образованию МЭЖК, что является неблагоприятным, если поставлена задача получения силилиловых эфиров.

Исходя из этого целью данной работы является определение влияет ли при пробоподготовке использование водно-спиртового раствора на снижение AC при определении силилиловых эфиров карбоновых кислот.

В эксперименте предлагается сравнение растворителя метанол:вода (8:2) и воды при концентрации анализов 2 мг/мл и 0,009 мг/мл. Различные концентрации выбраны вследствие того, что содержание анализа в пробе может варьироваться при анализе объектов культурного наследия, так как образцы бывают с массой от мг до нескольких десятков г. Анализами являются пальмитиновая и стеариновая кислоты. Причем использование воды обосновано, если содержание кислоты 0,1 вес. % [5], поэтому она рассматривается только для низких концентраций. Омыление проводится 1M раствором KOH, подкисление – 1M HCl. Кислоты и предполагаемые эфиры стеариновой кислоты экстрагируют хлороформом. Далее растворитель отгоняется в вакууме и заменяется на пиридин.

Анализ проводится на газовом хромато-масс-спектрометре Perkin Elmer Clarus 600T. Капиллярная колонка – Elite 5MS. (30 м, 0,25 мм, 0,25 мкм). Программа хроматографирования: температура инжектора 250 °C, термостат – 50 °C с дальнейшим увеличением температуры до 300 °C со скоростью 15 °C (10 мин), температура катода – 200 °C, температура интерфейса – 250 °C. Изучение ведется как в режиме split, так и в splitless. В качестве дериватизирующего агента используется BSTFA. Дериватизация будет проводиться внутри лайнера путем совместного закола пробы и дериватизирующего агента. Сначала пробу вносят в испаритель без BSTFA для обнаружения МЭЖК, а далее используя его. Дополнительно используется функция сканирования по заданным массам (SIR) для определения наличия или отсутствия метилового эфира стеариновой кислоты.

По результату анализа обнаружено, что при использовании водно-спиртового раствора происходит частичное образование метиловых эфиров. Причем использование BSTFA не позволяет получить из МЭЖК силилиловые эфиры, так как различие между площадями пиков МЭЖК до и после применения BSTFA составило менее 0,05 %. (рисунок 1).

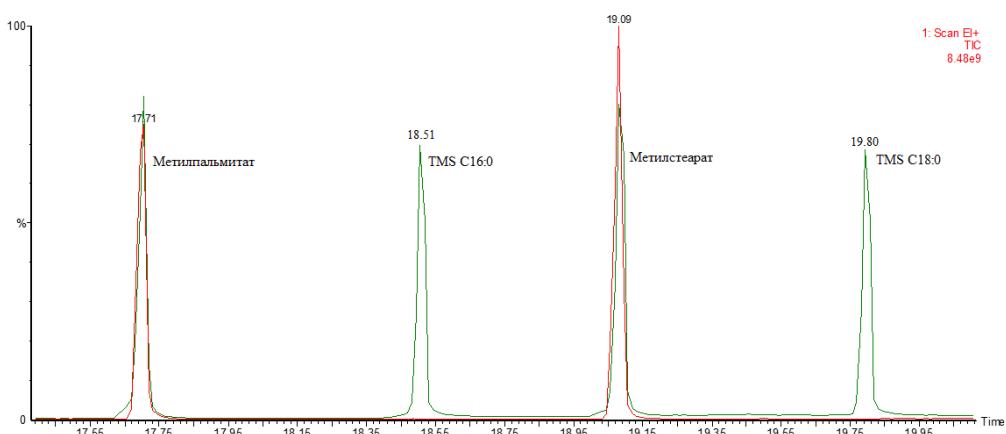


Рисунок 1 – Хроматограмма раствора метанол:вода без (красный) и с использованием BSTFA (зеленый), концентрация анализов 2 мг/мл

В случае низких концентраций в водно-спиртовом растворе наблюдается схожая тенденция. В отсутствии метанола в водном растворе не образуются МЭЖК. Исходя из представленной работы рекомендуется при определении малых содержаний карбоновых кислот рассмотреть вариант использования в качестве растворителя воду, что увеличит АС сильных производных.

*Работа поддержанна грантом РНФ № 22-18-00593.*

#### *Список литературы*

1. Margolis, S. A. Handbook of derivatives for chromatography: second edition / S.A. Margolis, K. Blau, J. Halket // Appl Biochem Biotechnol, 1993. – 161 pp.
2. Kałużna-Czaplińska, J. Different Analytical Procedures for the Study of Organic Residues in Archeological Ceramic Samples with the Use of Gas Chromatography-mass Spectrometry // J. Kałużna-Czaplińska, A. Rosiak, M. Kwapińska, W. Kwapiński. // Critical Reviews in Analytical Chemistry. – 2016. – V. 46, № 1. – P. 67–81.
3. Miyata, Y. Traces of sea mammals on pottery from the Hamanaka 2 archaeological site, Rebun Island, Japan: Implications from sterol analysis, stable isotopes, and radiocarbon dating / Y. Miyata, A. Horiuchi // Researches in Organic Geochemistry. – 2009. – V. 25. – P. 15–27.
4. Кадикова, И.Ф. Применение хромато-масс-спектрометрии в изучении органических материалов в художественных произведениях искусства / И.Ф. Кадикова, Е.А. Морозова, Д.А. Колунтаев // Интерлаб [Электронный источник]. - 2019. – Режим доступа: [https://www.interlab.ru/wp-content/uploads/2019/03/AppNote\\_Колунтаев\\_Картины-аMS.pdf](https://www.interlab.ru/wp-content/uploads/2019/03/AppNote_Колунтаев_Картины-аMS.pdf)
5. Коган, В.Б. Справочник по растворимости. Т.1. Кн.1. Бинарные системы / сост. В. Б. Коган, [и др.] ; отв. ред. В. В. Кафаров ; ВИНИТИ . – М-Л : Изд-во АН СССР, 1961. - 960 с.

---

Трубченкова А.И., Абрамов А.В, Половов И.Б., Алимгулов Р.Р., Иванов К.О., Золотарев Д.А.,  
Ребрин О.И.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ УГЛЕРОД-КЕРАМИЧЕСКИХ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ВО ФТОРИДНЫХ РАСПЛАВАХ СОЛЕЙ**  
ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург  
Научный руководитель – д.х.н., профессор О.И. Ребрин

Жидкосолевой реактор-сжигатель с циркулирующим топливом на основе расплавов фторидов металлов является одной из перспективных ядерно энергетических установок в рамках концепции

реакторов IV поколения. Кроме таких преимуществ, как внутренняя безопасность реактора, отсутствие операций, связанных с изготовлением тепловыделяющих элементов, данная установка также подразумевает технологию переработки отработавшего ядерного топлива в расплавленных солях для извлечения целевых компонентов, что существенно сокращает продолжительность топливного цикла и позволяет вернуть в ядерно-топливный цикл минорные актиниды при многократном рециклировании.

Для реализации технологий, связанных с эксплуатацией жидкосолевого реактора, требуются материалы, которые сохраняют свои коррозионные свойства в течение длительного времени под воздействием высоких температур, потоков нейтронного излучения и выдерживают контакт с расплавленными солями. В качестве потенциальных конструкционных материалов для основных узлов ядерно-энергетической установки с использованием активной зоны в виде солевых расплавов традиционно рассматриваются сплавы и стали различных классов. Коррозионная стойкость металлических материалов является предметом изучения многих исследовательских групп в различных странах, а наиболее успешные примеры исследований по выбору конструкционных материалов для жидкосолевых реакторов представлены в работах [1-4]. Однако, помимо металлических конструкционных материалов существуют и альтернативные варианты конструктивов, такие как керамики и углеродные материалы (в том числе композиционные материалы), коррозионное поведение которых не изучено подробно и в полной мере. Подобные материалы обладают рядом преимуществ, включая стойкость к воздействию высоких температур (вплоть до 1500 °C в инертной атмосфере), прочность, химическая инертность к галогенидным системам, устойчивость к радиационному воздействию. Несмотря на относительно низкую технологичность данные классы материалов могут успешно использоваться в качестве конструкционных для различных узлов и аппаратов модуля переработки отработавшего ядерного топлива жидкосолевого реактора-сжигателя.

В настоящей работе представлены результаты исследований коррозионного поведения материалов углерод-керамического композиционного класса. Объектами исследования являются различные модификации материала C/Si/SiC (композиционный керамический материал, полученный путем силицирования заготовок из углерод-углеродных композиционных материалов, армированных волокнистым углеродным материалом), отличающиеся процедурой изготовления и степенью открытой пористости. Образцы испытываемых материалов выдерживали в расплаве соли на основе эвтектической системы LiF-KF-NaF при температуре 750 °C в течение 100 часов. Коррозионные испытания осуществляли в инертной атмосфере в статических условиях.

По результатам испытаний были определены скорости коррозии данных материалов, исследована микроструктура до и после коррозионных тестов, установлен характер и механизм разрушений. Известно [5], что неметаллическим материалам характерны два типа коррозионного поражения: механический и химический. Механическое разрушение обусловлено процессом пропитки пор материалов расплавом, который при дальнейшей кристаллизации разрушает образцы изнутри. Химическое взаимодействие вызвано протекающими реакциями между компонентами материалов (например, элементарным кремнием) и составляющими среды (фторид-ионы, примеси).

На основании проведенных экспериментов установлено, что для углерод-керамических композиционных материалов характерен смешанный тип коррозионного поражения: механический и химический. Во-первых, образцы корродируют за счет вытравливания элементарного кремния с образованием различных фторсиликатных соединений, таких как  $\text{SiF}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SiF}_6$ ,  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ,  $[\text{SiO}_4]^{4-}$ ,  $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$ ,  $[\text{SiO}_3\text{F}]^{3-}$ ,  $[\text{SiO}_2\text{F}_2]^{2-}$  и  $\text{Si}_4\text{O}_7\text{F}_2$ . Во-вторых, в силу развитой пористой структуры, а также каналов, образующихся за счет вытравливания кремния, расплав проникает в поры материала без

возможности обратного извлечения, что ведет к механическому разрушению материалов при термоциклировании за счет кристаллизации плава электролита внутри образовавшихся поры и каналов.

### *Список литературы*

Corrosion of metallic materials in the molten FLiNaK / I.B. Polovov, A.V. Abramov, R.R. Alimgulov, D.A. Zolotarev, A.I. Trubcheninova, A.F. Gibadullina, V.A. Volkovich, A.Y. Zhilyakov, V.A. Khotinov, S.V. Belikov // ECS Trans. – 2020. – Vol. 98, Iss. 10. – P. 453–462.

Interaction mechanisms of a Hastelloy N-316L stainless steel couple in molten LiF-NaF-KF salt / Hua Sun, Xiangbin Ding, Hua Ai, Guanhong Lei, Xinmei Yang, Jian-Qiang Wang // Corrosion Science. – 2020. – Vol. 164.

3. Ouyang, F.-Y. Long-term corrosion behaviors of Hastelloy-N and Hastelloy-B3 in moisture-containing molten FLiNaK salt environments / Fan-Yi Ouyang, Chi-Hung Chang, Ji-Jung Kai // Journal of Nuclear Materials. – 2014. – Vol. 446. – P. 81–89.

4. Materials corrosion in molten LiF–NaF–KF salt / L.C. Olson, J.W. Ambrosek, K. Sridharan, M.H. Anderson, T.R. Allen // Journal of Fluorine Chemistry. – 2009. – Vol. 130. – P. 67–73.

5. Corrosion of metallic materials in the molten FLiNaK / I.B. Polovov, A.V. Abramov, R.R. Alimgulov, D.A. Zolotarev, A.I. Trubcheninova, A.F. Gibadullina, V.A. Volkovich, A.Y. Zhilyakov, V.A. Khotinov, S.V. Belikov // ECS Trans. – 2020. – Vol. 98, Iss. 10. – P. 371–381.

---

Федосеева С.Е.<sup>1</sup>, Балыбина В.А.<sup>2</sup>, Драньков А.Н.<sup>2</sup>

## **СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СЛОИСТЫХ ДВОЙНЫХ ГИДРОКСИДОВ**

<sup>1</sup>Департамент химии и материалов ИТПМ ДВФУ

<sup>2</sup>Департамент ядерных технологий ИТПМ ДВФУ

Научный руководитель - к.х.н., доцент А.Н. Драньков

В ходе исследования были получены серии сорбционных материалов на основе слоистых двойных гидроксидов Co-Fe, Ni-Fe, Zn-Ti с использованием метода прямого соосаждения, который является наиболее воспроизводимым и экологичным. В качестве прекурсоров во всех системах использовались раствор  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и растворы хлоридов соответствующих металлов. Для протекания процесса осаждения на протяжении синтеза в системах поддерживался уровень pH более 10 путем добавления NaOH. Для исследований всех трех образцов была отобрана фракция зернением 0,1-0,3 мм. Изучены физико-химические и сорбционные свойства полученных материалов относительно извлечения U(VI) из водных сред. Термическую стабильность образцов определили с помощью термического анализа (рисунок 1). На дифференциальных кривых для всех образцов можно выделить три области потери массы: физически адсорбированная вода удаляется до 150 °C, межслоевая вода удаляется в диапазоне 200-250°C, а дегидроксилирование бруситоподобных слоев и удаление межслоевых анионов происходит при температурах выше 300 °C.

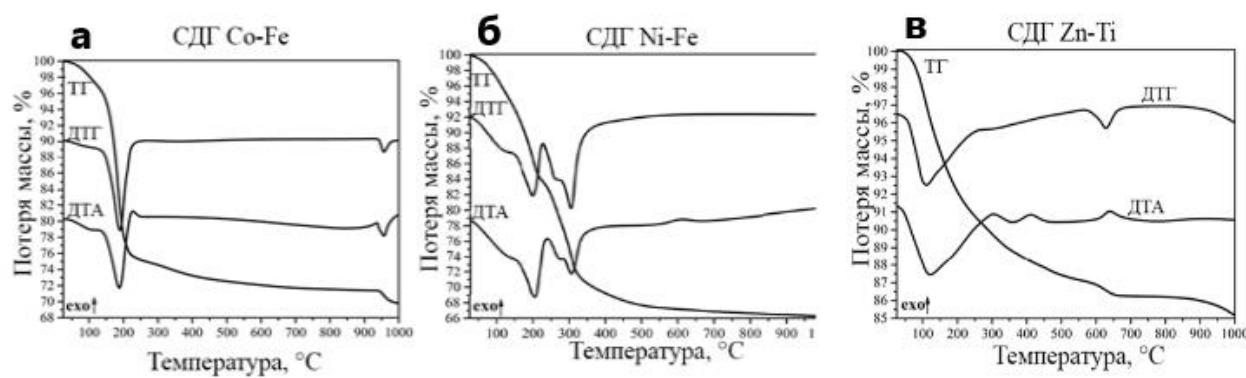


Рисунок 1 – Термограмма исследуемых образцов: а) СДГ Co-Fe, б) СДГ Ni-Fe, в) СДГ Zn-Ti

Потеря массы, связанная с уменьшением адсорбированной воды, составляет от 1% до 5%. Особенно заметна потеря межслоевой воды у образцов СДГ Co-Fe (рисунок 1а) и СДГ Ni-Fe (рисунок 1б) при температуре 200 °C. Потеря массы СДГ Co-Fe достигает 19%, а СДГ Ni-Fe - до 6%. Образец СДГ Zn-Ti (рисунок 1в) не теряет массу в диапазоне 200-300°C, отмечено удаление аниона OH<sup>-</sup> при 600 °C.

Была проведена аппроксимация полученных экспериментальных данных с использованием уравнений Ленгмюра и Фрейндлиха. По полученным данным были построены диаграммы зависимости коэффициента распределения Kd (мл/г) уранил-ионов на исследуемых образцах в дистиллированной (рисунок 2а) и морской водах (рисунок 2б) от концентрации исходных растворов при pH равном 6.

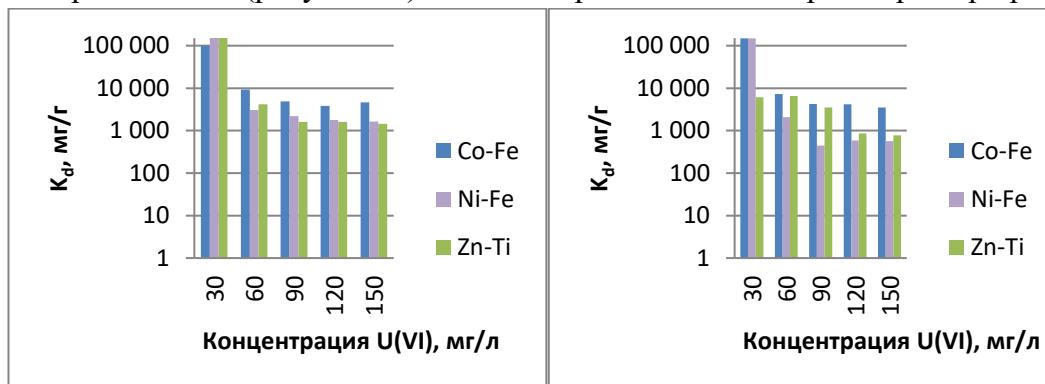


Рисунок 2 – Диаграммы зависимости коэффициента распределения Kd (мл/г) исследуемых образцов  
а – в дистиллированной воде  
б – в морской воде

Исходя из результатов расчетов показателей сорбционной эффективности образцов в отношении уранил-ионов, можно заключить, что образец СДГ Co-Fe проявляет высокую сорбционную активность. Степень извлечения уранил-ионов достигает 99,9%, а коэффициент распределения Kd равен 105 мл/г, что указывает на его высокую селективность при извлечении данного компонента.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 23-73-01160).

## Раздел XVIII ЭКОЛОГИЯ

Биктимеров Д.Р.

### ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В ХАНТЫ-МАНСИЙСКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ – ЮГРЕ

Политехническая школа ФГБОУ ВО ЮГУ

Научный руководитель – ст. преп. М.В. Соболева

Одной из наиболее актуальных экологических проблем Ханты-Мансийского автономного округа – Югры является загрязнение природных водных ресурсов нефтепродуктами и другими загрязняющими веществами. На территории ХМАО – Югры располагается более 400 месторождений нефти и газа. Причиной загрязнений водных ресурсов загрязняющими веществами являются аварии на нефтяных трубопроводах. За 2022 год на нефтепроводах и водоводах округа произошло 2777 аварий. Из них 18 местом аварий являлись болота. Основной причиной аварий является коррозия нефтяных трубопроводов.

По состоянию на 2022 год, было проведено 87055 измерений содержания загрязняющих веществ в водных ресурсах Ханты-Мансийского автономного округа - Югры. В 2022 году на территории округа состояние 33 водных объектов характеризовалось уровнем загрязненности как «грязная», 1 водный объект характеризовался уровнем загрязненности как «очень грязная» [1].

К основным загрязняющим веществам водных ресурсов ХМАО-Югры относятся: нефтепродукты, трудноокисляемые органические вещества, соединения меди, железа, марганца, цинка, фенолы, азот аммонийный, легкоокисляемые органические вещества (БПК<sub>5</sub>), хлорорганические пестициды пп-ДДТ, пп-ДДЭ.

По результатам лабораторных исследований, было выявлено несоответствие экологическим требованиям большого количества проб воды по следующим показателям: pH (около 30% проб), железо общее (более 95%), марганец (более 75%), цинк (более 40%), медь (более 70% проб) и ионам аммония (более 35%) [1].

Причинами этого являются геохимические особенности таежных заболоченных ландшафтов со свойственной им кислой реакцией почв. Железо, марганец, цинк и медь обладают высокой миграционной способностью в ландшафтах кислого глеевого класса, поэтому интенсивно поступают из почвы в грунтовые воды и затем - в реки [1].

Особую опасность для водных ресурсов округа представляют концентрации нефтепродуктов. ХМАО-Югра является крупнейшим центром добычи нефти в России. В 2022 году доля общероссийской добычи нефти на регион составляло 42%, за этот год в регионе добыли около 223 млн. тонн нефти, за 2023 год – 216 млн тонн.

В соответствие с «Постановлением Правительства автономного округа от 23.12.2011 N 485-п», отбор проб водных ресурсов для идентификации вредных загрязняющих веществ (нефтепродуктов и хлоридов) проводятся Ханты-Мансийским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды - филиалом Федерального государственного бюджетного учреждения "Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды" ежемесячно.

В 2022 году количество зафиксированных превышений предельной допустимой концентрации нефтепродуктов на территории округа насчитывалось 585, превышение ПДК по хлоридам – в 11 случаях.

Большую опасность для водных объектов представляют хлориды. Они обладают хорошей растворимостью, и при нефтедобыче они распространяются на большие территории и загрязняют водные ресурсы.

Загрязнения поверхностных вод нефтепродуктами могут привести к следующим последствиям:

1. Уничтожение и преобразование основных мест обитаний животных и рыб;
2. Ухудшение физических свойств воды;
3. Образование пленки из нефти на поверхности воды, что понижает содержание кислорода в воде;

4. Загрязненная нефтью вода может поступать в систему питьевого водоснабжения, в состав нефти входят полициклические ароматические углеводороды, вызывающие канцерогенное действие, что является опасностью для организма человека [2];

5. Оседание тяжелых фракций на дно приводит к накоплению нефти в донных отложениях, что в свою очередь становится источником вторичного загрязнения водных ресурсов [2];

6. Гибель рыб и водных млекопитающих.

С целью предупреждения загрязнений водных ресурсов нефтью и нефтепродуктами можно предложить следующие мероприятия:

1. Большинство аварий на нефтепроводах происходят из-за коррозии металла, своевременная замена или починка трубопроводов поможет предотвратить возможные разливы нефтепродуктов в водные ресурсы;

2. Регулярные проверки нефтепроводов и оборудования, для выявления потенциальных угроз загрязнения водных ресурсов;

3. Разработка систем мониторинга качества воды вблизи нефтепроводов, с целью своевременного выявления загрязнений.

#### *Список литературы*

1. Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе - Югре в 2022 году [Электронный источник] – URL: [https://prirodnadzor.admhmao.ru/upload/iblock/307/7tkf0i8mn4w02cx3gv46irigjeuy37z/Doklad-KHMAO\\_YUGRA-2022.pdf](https://prirodnadzor.admhmao.ru/upload/iblock/307/7tkf0i8mn4w02cx3gv46irigjeuy37z/Doklad-KHMAO_YUGRA-2022.pdf).

2. Коршунова Т.Ю., Логинов О.Н. // Нефтяное загрязнение водной среды: особенности, влияние на различные объекты гидросфера, основные методы очистки // Экобиотех, 2019. Том 2. №2 – С. 157-174.

---

Борщевская А.П., Бойченко Т.В.

### **МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БУХТЫ КИЕВКА**

Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент Т.В. Бойченко

Бухта Киевка располагается на побережье Японского моря, в значительном удалении от крупных населенных пунктов и примыкает к территории Лазовского заповедника [1].

В летний период вмени б. Киевка является местом притяжения огромного количества жителей и гостей Приморского края, а многокилометровая пляжная полоса заполняется как стихийными рекреантами, так и стационарными базами отдыха. В связи с чем заметно увеличивается антропогенная

нагрузка на прибрежную акваторию, а в среду попадает большое количество аллохтонной микрофлоры, свидетельствующей об изменении качества среды и включающей в свой пул условно-патогенных и патогенных микроорганизмов, представляющих серьёзную угрозу для среды, биоты и человека [3].

В связи с этим целью работы было изучить распределение и динамику численности индикаторных эколого-трофических групп микроорганизмов в поверхностных водах, и по ним оценить состояние среды в б. Киевка.

Отбор проб проводился в мае, августе и октябре 2023 г. В обследованной акватории было выполнено 10 станций. Пробы воды отбирали из поверхностного слоя в стерильные ёмкости и транспортировали в лабораторию, согласно ГОСТ 31942–12 [2]. Анализировали в трёх повторностях с соблюдением сроков хранения проб ГОСТ 31942–12.

Результаты микробиологического анализа проб, отобранных в б. Киевка показали довольно равномерное распределение микробных сообществ в весенний и осенний сезоны. Так, численность общего числа гетеротрофов на большинстве станций была невысокой ( $10^2$  КОЕ/мл), что характеризует данные воды как чистые (олигосапробные) с локальными участками мезосапробных зон.

С наступлением лета количество бактерий данной группы на большинстве станций выросло в среднем на 1–2 порядка и характеризовало воды б. Киевка как  $\alpha$ - $\beta$ -мезосапробные, обогащенные органическими соединениями.

Данные о содержании БГКП показали, что в весенне-осенний период б. Киевка является чистым районом. БГКП фиксировались лишь на 2 из 10 обследованных мест. Ни в одной из проб не была высеяна *E. coli*, которая является маркером фекального загрязнения.

Летом ситуация меняется. Мы улавливаем след как биологического, так и фекального загрязнения среды. На большинстве станций фиксируются БГКП, а на 3 станциях установлено контаминация среды *E. coli* в количествах, заметно превышающих допустимый уровень и делая её небезопасной с рекреационной точки зрения (СанПиН 2.1.5.2582-10).

Наряду с фекальным загрязнением, которое обеспечивается хозяйственно-бытовыми стоками и рекреационной деятельностью, к веществам, аллохтонного происхождения можно отнести нефтеуглеводороды и фенолы.

Анализ численности бактерий, растущих на средах с сырой нефтью, показал, что б. Киевка незначительно загрязнена трудно окисляемыми нефтеуглеводородами. Максимальные значения численности данной эколого-трофической группы фиксируются в летний период, что, несомненно, связано, с увеличением числа отдыхающих, активно использующих маломерные плавсредства с мотором.

В отличие от распределения индикаторов нефтяного загрязнения, участков акватории с повышенным содержанием фенола в среде было больше, а основными источниками поступления в среду фенолов, являлась водная растительность, обильно представленная зарослями морской травы *Zostera marina*, а также наземная растительность, которая подходила практически к урезу воды. В летний период времени рекреанты также вносили свой вклад в контаминацию среды, где фенолы имели фекальную природу, что согласуется с данными по численности *E. coli*.

Таким образом, микробная индикация поверхностных вод б. Киевка свидетельствует об общей средней трофности вод. Основной вклад в поступление органических веществ вносят природные источники – поля и пояса морских трав и водорослей макрофитов, а также локальные хозяйствственно-бытовые стоки и рекреационный пресс, возрастающий в летнее время. Самыми чистыми районами в б. Киевка можно считать м. Островной и выход из бухты, где отсутствует техногенное и фекальное загрязнение. Именно эти станции на основании микробной индикации можно использовать как фоновые для данной бухты и акваторий подобного типа.

**Финансирование работы:** Микробиологическая оценка морской среды проводилась при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № FZNS-2023-0011

*Список литературы*

1. Галышева, Ю. А. Некоторые экологические параметры водной среды и донных отложений Бухта Киевка Японского моря / Ю. А. Галышева, Н. К. Христофорова, Е. Н. Чернова // Известия ТИНРО. – Владивосток: Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 2008. – С. 114–124.
2. ГОСТ 31942–12. Вода. Отбор проб для микробиологического анализа. — М.: Стандартинформ. 2013.
3. Христофорова Н.К., Журавель Е.В., Миронова Ю.А. Рекреационное воздействие на залив Восток (Японское море) // Биол. моря. 2002. №4. С. 300–303.

---

Бочаров Н.И.<sup>1</sup>, Журавлева Н.В.<sup>2</sup>

**ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА  
МИКРОРАЙОНА СНЕГОВАЯ ПАДЬ Г. ВЛАДИВОСТОКА**

<sup>1</sup>МГУ им. Г.И. Невельского,

<sup>2</sup>МБОУ «СОШ №82 г. Владивостока»

Научный руководитель - к.т.н., доцент С.В. Журавлева

Загрязнение воздуха является одной из самых серьезных экологических угроз для здоровья человека. В 2019 г. 99% мирового населения проживало в районах, где уровень загрязнения воздуха превышал значения, установленные в рекомендациях ВОЗ по качеству воздуха [3]. Качество атмосферного воздуха г. Владивостока формируется за счет общего загрязнения городской среды и особенностей муссонного климата. Вклад техногенного загрязнения воздуха в распространение болезней органов дыхания - 18,6 %. Высокотоксичные микровзвеси могут способствовать росту уровня бронхолегочной заболеваемости [1].

В России существует множество программ и проектов, направленных на охрану атмосферного воздуха, которые показывают, что внедрение мер по снижению уровня загрязнения воздуха может значительно улучшить качество жизни населения [2].

Важную роль в охране атмосферного воздуха имеют выявление и учет новых источников загрязнения атмосферы, экспертиза проектов и планов развития населенных мест.

В своем исследовании мы попытались установить источники загрязнения атмосферного воздуха в районе Снеговая Падь г. Владивостока и предложить меры направленные на улучшение его качества.

Среди источников антропогенного загрязнения воздуха в микрорайоне Снеговая Падь были отмечены следующие: ТЦ «Северная», автотранспорт, строительные площадки, вырубка лесов.

Установлено, что наибольшее влияние на состояние атмосферы ТЦ «Северная оказывает» с апреля по июнь, когда ветер дует в направлении микрорайона.

Выявлено, что автотранспорт выделяет в атмосферу 5,328 л вредных выбросов в час со 100 м автомобильной дороги.

Запыленность атмосферного воздуха на участке автодороги в районе новостроек составляет 0,004 г на 1 см<sup>2</sup> площади листа.

Проведенные исследования показывают, что состояние воздуха в микрорайоне удовлетворительное.

Предложены меры, направленные на улучшение состояния воздуха: озеленение микрорайона с использованием растений, имеющих высокую пылеулавливающую способность листьев, создание парковых зон и скверов, замена автомобилей на бензиновых и дизельных двигателях на электромобили и гибридные автомобили, для чего следует развивать сеть электрозаправочных станций.

### *Список литературы*

1. Веремчук, Л.В. Формирование загрязнения атмосферного воздуха города Владивостока и его влияние на распространение болезней органов дыхания/В. И. Янькова, Т. И. Виткина, Л. С. Барскова, К. С. Голохваст //Сибирский научный медицинский журнал, 2015. - Том 35. - № 4 . - С. 55–61.
2. Рекомендации Общественной палаты Российской Федерации по итогам круглого стола на тему «Общественная приемлемость результатов федерального проекта «Чистый воздух» [Электронный источник] – URL: file:///C:/Users/acer/Downloads/tekomen-chistiy-vozduh01112022.pdf.
3. Транковская Л. В. Роль дисбаланса химических элементов в формировании нарушений здоровья детей: - Владивосток, 2004.- 303 с.

---

Варюшина К.И., Галышева Ю.А.

## **СООБЩЕСТВООБРАЗУЮЩАЯ РОЛЬ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ РОДА SACCHARINA В МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМАХ БОРЕАЛЬНОГО ПОЯСА**

Международная кафедра ЮНЕСКО "Морская экология" ИМО ДВФУ  
Научный руководитель - к.б.н., доцент, зав. кафедрой Ю.А. Галышева

*Saccharina* - род крупных бурых макроводорослей, в наибольшей степени распространенных на литорали и верхней сублиторали в умеренной климатической зоне. Наиболее обильные заросли *Saccharina* располагаются в основном в горизонте 5-15 метров, где формируются максимально благоприятные для нее условия жизни – наилучшие освещение и активное движение воды. В пределах бореального пояса наиболее обширные области распространения формируют виды *S. angustata*, *S. gurjanovae*, *S. latissima*, *S. japonica*, *S. cichorioides*. Кроме того, нельзя не указать массовый в дальневосточном регионе северного полушария вид *Hedophyllum bongardianum*, ранее также относимый к роду *Saccharina*.

*S. angustata*, распространенная как в северной Атлантике, так и в северной части Тихого океана, играет огромную роль в формировании первичной продукции прибрежных экосистем, а также состава бентосных сообществ этой зоны. На Дальнем Востоке России ее заросли распространены от южных Курил до юга Приморского края. *S. angustata* является одним из базовых промысловых видов. В районе Курил имеются значительные запасы данного вида, оцениваемые 200-281 тыс. т. [1]. В составе биоценоза, формируемого *S. angustata*, часто встречаются полихеты *Chaetozone setosa*, *Capitella capitata*, *Nothria hyperborea*, двустворчатые моллюски *Macoma nipponica*, *Liocyma fluctuosa*, *Spisula sachalinensis*, амфиподы *Eohaustorius cheliferu*, *Grandifoxus longirostris*, десятиногие раки *Pagurus ochotensis*, *P. brachiomastus*, кумовые раки *Alamprops quadruplicatus*, усоногие раки *Hesperibalanus hesperius*, брюхоногие моллюски *Cryptonatica wakkanaiensis* [3].

Запасы *S. gurjanovae* в Беринговом море, на самом севере – в Анадырском заливе, превышают 200 тыс. т., в Охотском море у Шантарских островов - 300-350 тыс. т. Общий запас биомассы *S. gurjanovae* практически соразмерим с биомассой *S. japonica* и составляет около 600 тыс. т. [1]. Вместе с *S. gurjanovae* существуют другие виды водорослей – бурые водоросли *Fucus evanescens*, *Alaria marginata*, *Pseudolessonia laminarioides*, *Stephanocystis crassipes*, красные водоросли *Neoptilota*

*asplenoides*, *Neohypophyllum middendorffii*, *Hymenena ruthenica*, двустворчатые моллюски *Mytilus trossulus*, *Macoma calcarea*, *L. fluctuosa*, *Serripes groenlandicus*, морской еж *Echinarachnius parma*, разноногие раки *Ampelisca eschrichti*, кумовые раки *Diastylis bidentata*, сипункулиды, политехы и актинии [2]. *S. gurjanovae* является одним из главных нерестовых субстратов для охотской сельди [8].

*S. latissima* один из наиболее распространенных видов рода сахарина, формирующий подводные леса в Атлантическом океане, Арктике и северо-западной Пацифике, а также в Южном полушарии, включая такие регионы, как южная часть Южной Америки, Южная Африка и южная Австралия. В северном полушарии *S. latissima* по большей части простирается у северо-западных берегов Европы – в Белом и Баренцевом морях. В ассоциации с *S. latissima* часто встречаются водоросли *F. vesiculosus* и *A. nodosum*. В зооценозе наиболее часто встречается морской еж *S. droebachiensis*, полихеты *Spirorbis* sp. и *Nephtys paradoxa*, прибрежный краб *C. pagurus*, усоногие ракообразные *Balanus* sp., а также двустворчатые моллюски *Astarte elliptica*, *A. borealis*, *Arctica islandica*, *Modiolus modiolus*, *Hiatella arctica*, брюхоногие *Margarites helicinus*, *Onoba aculeus*, *Lacuna vincta*. К зарослям *S. latissima* тяготеют сельдь *Clupea harengus*, треска *Gadus morhua* и минтай *Pollachius virens* [4].

*S. japonica* и *S. cichorioides* населяют, главным образом, сублитораль Японского и Охотского морей (в основном у Курильских островов и о. Сахалин). В Японском море *S. japonica* является основным промысловым видом бурых водорослей. По современным оценкам общий запас сахарины японской максимален в прибрежной части Курильских островов (426,1 тыс. т.) [1] и минимален (65 тыс. т.) у берегов Приморья [5]. Помимо указанных районов, вдоль азиатского берега *S. japonica* известна в Беринговом море, а также у Командорских островов. Запасы *S. cichorioides* в дальневосточных морях не столь значимы. *S. japonica* и *S. cichorioides* входят в рацион животных-фитофагов, таких как серый и черный морские ежи. В составе сообществ, формируемых этими видами, обнаруживаются многочисленные беспозвоночные: морские ежи *S. intermedius* и *Mezocentrotus nudus*, морские звезды *Leptasterias similispinis*, *Asterina pectinifera* и *Asterias amurensis*, голотурии *Apostichopus japonicus* и *Eupentacta fraudatrix*, брюхоногие моллюски *Littorina squalida*, *Niveotectura pallida*, *Nucella heyseana*, двустворчатые моллюски *Modiolus modiolus*, *Mytilus coruscus*, *H. arctica*, ракообразные, хитоны и полихеты.

*H. bongardianum* определялся ранее как вид *Saccharina bongardiana*, но на основании молекулярно-генетических исследований был перенесен в род *Hadophyllum* и переименован [7]. Однако, несмотря на таксономическую перегруппировку, экологическая роль (функция) этого вида осталась прежней. Массовые скопления *H. bongardianum* характерны для юго-восточного побережья Камчатки – в Авачинском заливе, а также у Командорских и Курильских островов [6]. Общие запасы в российской части в водах Дальнего Востока варьируют от 400 до 800 тыс. т. [1]. Вместе с *H. bongardianum* часто встречаются красные водоросли *Ptilota asplenoides*, *Phycodrys riggii* и *Odonthalia kamtschatica*, бурые – *Lomentaria articulata*, *A. nodosum* и *Chondrus crispus*. В составе сообщества в массе встречаются усоногие ракообразные *Chthamalus dalli*, *Balanus crenatus*, двустворчатые моллюски *M. trossulus*, брюхоногие моллюски *Littorina sitkana*, *L. squalida*, *Lottia cassis*, *Nucella freycinetii*, равноногие ракообразные *Idotea ochotensis*, раки-отшельники *P. middendorffii* и *P. hirsutiusculus*, большое количество полихет *Nereis vexillosa* и немертин.

Таким образом, виды рода *Saccharina* играют жизненно важную роль в формировании сообществ в морских экосистемах, концентрируя в себе высокое биологическое разнообразие и запас.

#### Список литературы

1. Аминина Н.М. Сравнительная характеристика бурых водорослей прибрежной зоны Дальнего Востока // Известия ТИНРО № 1(Т182). 2015. С. 258-268.

2. Дуленин А.А. Распределение сублиторальной растительности материкового побережья Охотского моря (в пределах Хабаровского края) // Известия ТИНРО №1(Т180). 2015. С. 107-127.
3. Дуленин А.А., Диденко Д.С. Количественные закономерности распределения обыкновения на естественных нерестилищах охотской сельди // Труды ВНИРО №4(Т186). 2021. С. 5-20.
4. Капков В.И., Шошина Е.В. Сообщества макроводорослей арктической зоны Баренцева моря и изменение климата // Вестник МГТУ №2(Т21). 2018. С. 185-198.
5. Кулепанов В.Н., Дробязин Е.Н. Видовой состав и количественное распределение макрофитов в сублиторали и на материковом склоне в северо-западной части Японского моря // Известия ТИНРО №4 (Т195). 2018. С. 151-160.
6. Кусакин О.Г., Иванова М.Б., Тараканова Т.Ф. Состав, распределение и Количественная характеристика макробентоса литорали юго-восточной Камчатки // Известия ТИНРО № 1(Т130). 2002. С. 228-265.
7. Лабай В.С., Абрамова Е.В. и другие Особенности распределения макрозообентоса сублиторали в бухте Малокурильская (о-в Шикотан) // Труды ВНИРО №1. Т182. 2020. С.104-120.
8. Селиванова О.Н., Жигадлова Г.Г., Хэнсен Г.И. Пересмотр систематики водорослей порядка *Laminariales* (*Phaeophyta*) из дальневосточных морей России на основании молекулярно-филогенетических исследований // Биология моря № 5(33). 2007. С. 329-340.

---

Васilenko Н.Д.

**ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ (Mn, Cu, Fe, Cd, Zn, Pb, Ni, Co) В  
МЯГКИХ ТКАНЯХ РАПАНА (RAPANA VENOSA) ИЗ ПРОЛИВА СТАРКА  
(ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО)**

Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ

Научный руководитель – д.б.н., профессор Л. Т. Ковековдова

*Rapana venosa* — это вид хищных брюхоногих моллюсков, обитающих исключительно в морской водной среде. Изначально этот вид обитал в заливе Петра Великого (Дальний Восток) и у берегов Японии. В дальнейшем из-за интенсивных морских перевозок территория обитания рапаны сильно расширилась и сейчас включает всё Средиземное и Северное море, а также Чесапикский залив и эстуарий Ла-Платы [3].

В настоящее время мясо моллюска используется в пищу, в связи с чем осуществляется его промышленная добыча.

Особенности накопления тяжёлых металлов тканями моллюска *Rapana venosa* из залива Петра Великого практически не изучены. Сведения об уровнях содержания и аккумуляции элементов в тканях моллюсков, обитающих в прибрежных, подвергающихся значительной антропогенной нагрузке районах, необходимы, как для понимания формирования их микроэлементного состава, так и для оценки качества этого моллюска, потребляемого в пищу [4].

Цель работы: Оценка содержания химических элементов (Mn, Cu, Fe, Cd, Zn, Pb, Ni, Co) в мягких тканях (*Rapana venosa*) из пролива Старка (залив Петра Великого).

В задачи работы входило определение уровней содержания и накопления элементов в мягких тканях моллюсков и в грунтах из района их обитания. Оценка уровней содержания токсичных элементов в мягких тканях моллюска, относительно ПДУ.

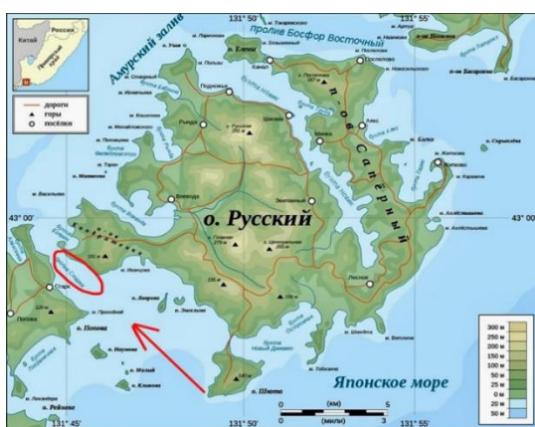


Рисунок – Карта схема района отбора моллюсков и грунтов

Материалом исследования служили моллюски рапана (43 особи), выловленные водолазным способом, в Заливе Петра Великого (Пролив Старка) осенью 2022 г. Подготовку моллюсков к определению элементов осуществляли методом кислотной минерализации с азотной кислотой, согласно ГОСТ 26929-94 [1].

Измерение концентраций металлов проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре фирмы SHIMADZU AA-7000. Диапазоны концентраций элементов и среднее значение представлены в таблице 1.

Таблица 1

Диапазоны концентраций элементов в мягких тканях *Rapana venosa*, мг/кг сухой массы

Элементы	Fe	Zn	Mn	Cu	Cd	Pb	Ni	Co
Диапазон концентраций	69,8 - 265,5	20,16 - 263,62	8,02 - 29,76	13,41- 23,50	3,479 - 31,195	1,944 - 3,738	0,778 - 1,933	0,553 - 1,319
Среднее	143,3	118,3	18,4	20,8	13,0	2,7	1,3	0,9

Поскольку моллюски имели разные размерно-массовые характеристики, диапазон концентраций в мягких тканях довольно широк. Ряд уменьшения концентраций элементов в мягких тканях моллюсков, выглядит следующим образом: Fe>Zn>Mn>Cu>Cd>Pb>Ni>Co.

В наибольших концентрациях содержатся биологически активные Fe, Zn, Mn, ряд завершают Cd, Pb, Ni, Co.

Коэффициенты биоаккумуляции элементов в моллюсках относительно содержания в грунтах из района их отбора представлены в таблице 2.

Таблица 2

Коэффициенты биоаккумуляции элементов мягкими тканями моллюска *Rapana Venosa*

Fe	Zn	Mn	Cu	Cd	Pb	Ni	Co
0,002	11,00	0,27	15,75	47,94	1,06	0,79	0,62

Согласно полученным коэффициентам биоаккумуляции (таблица 2), слабовыраженная степень концентрации моллюсками отмечена для Pb, Zn, Cu; наименьшая степень концентрации, отмечена для Fe, Mn, Ni, Co. Степень аккумуляция Cd, приближается к умеренной.

Оценка качества моллюсков на соответствие ПДУ токсичных элементов показала, что содержание Pb не превышало ПДУ, содержание Cd было выше в 50% исследуемых особей [2].

#### Список литературы

- Межгосударственный стандарт ГОСТ 26929-94 «Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов». – 1996 г.

2. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (с изм. и доп., вступ. в силу с 14.07.2021 года). – 2011 г. – прил.3.
3. Чухчин В. Д. Экология брюхоногих моллюсков Чёрного моря. Киев: Наукова думка, 1984. 176 с. [Chukhchin V. D. Ekologiya bryukhonogikh mollyuskov Chernogo morya. Kiev: Naukova dumka, 1984, 176 p. (in Russ.)].
4. Mann R., Occhipinti A., Harding J. M. (Eds.). Alien species alert: *Rapana venosa* (veined whelk). ICES Cooperative Research Report, 2004, no. 264, 14 p.

---

Вахула Д. И., Бойченко Т. В.

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БУХТЫ НОВИК МЕТОДОМ МИКРОБНОЙ ИНДИКАЦИИ

Международная кафедра ЮНЕСКО "Морская экология" ИМО ДВФУ  
Научный руководитель - к.б.н., доцент Т.В. Бойченко

Бухта Новик – узкая бухта, вдающаяся в северную часть западного берега острова Русский, расположенная между мысами Елагина и Старицкого. В настоящее время, акватория бухты испытывает значительные антропогенные нагрузки, обусловленные изъятием сверх нормы на отдельных участках большого количества биологических ресурсов и привносом значительных объёмов загрязняющих веществ [4].

Активное использование прибрежной зоны в рекреационных целях вызывает появление в морской среде большого количества аллохтонных микроорганизмов, включающих в свой состав условно-патогенную и патогенную микрофлору, которые оказывают влияние не только на морские микробные сообщества, но и представляют опасность для здоровья людей [5].

Микроорганизмы являются надежными индикаторами самых первых «сбоев» в функционировании экосистем. Как индикаторы загрязнения, они быстро адаптируются к изменяющимся условиям среды, обладают высокой скоростью размножения и способны утилизировать практически все органические вещества [1]. В связи с этим, проведение микробиологического мониторинга перспективно для оценки состояния среды, а также экологического картирования загрязнения прибрежных зон.

Пробы воды отбирали из подповерхностного слоя в стерильные пластиковые ёмкости, транспортировали в лабораторию, согласно ГОСТ 31942-12 [2] и анализировали в двух повторностях с соблюдением сроков хранения проб ГОСТ 31942–12 [2]. В обследованной акватории было выполнено 12 станций.

Оценивая степень загрязненности акватории, определяли количество микроорганизмов следующих эколого-трофических групп: колониеобразующие гетеротрофные микроорганизмы (КГМ), нефтеокисляющие микроорганизмы (НМ), фенол-резистентные микроорганизмы (ФМ), олиготрофные микроорганизмы (ОМ), бактерии группы кишечной палочки (БГКП), металл-резистентные микроорганизмы.

Результат микробиологического анализа проб, отобранных в октябре 2023г. показал равномерное распределение микробных сообществ. Так, численность общего количества гетеротрофов составила  $10^2$  КОЕ/мл на всех исследуемых станциях, характеризуя данные воды как олигосапробные, чистые.

Численность олиготрофной микрофлоры, варьировала в пределах от  $10^1$  до  $10^2$  КОЕ/мл, а значения индекса олиготрофности превышали единицу только на четырёх станциях, указывая на сбалансированность бактериальных процессов минерализации органического вещества.

Данные о содержании БГКП подтвердили, что в целом б. Новик является чистым районом. БГКП фиксировались лишь на 1 из 12 обследованных мест. Ни в одной из проб не была выявлена *E. coli*, которая является показателем фекального загрязнения. Отсутствие данного контаминаента говорит о достаточно хорошей работе КОС «Лесное», которая осуществляет сброс очищенных сточных вод в вершину бухты.

Анализ численности бактерий, растущих на среде с сырой нефтью, показал, что б. Новик незначительно загрязнена трудно окисляемыми нефтеуглеводородами. Нефеокисляющие микроорганизмы зафиксированы на всех станциях без исключения, наибольшее количество выявлено в районах мыса Шигина ( $(4,95\pm0,8)*10^2$  КОЕ/мл), мыса Старицкого ( $(4,35\pm0,8)*10^2$  КОЕ/мл) и мыса Елагина ( $(4,1\pm0,4)*10^2$  КОЕ/мл). Однако, ни на одной из станций значение микроорганизмов – индикаторов нефтяного загрязнения – не превышает  $10^4$  КОЕ/мл, что в соответствии с критериями Г.Ю. Дмитриевой [3] характеризует воды бухты как «малозагрязненные».

В отличие от распределения индикаторов нефтяного загрязнения, участков акватории с повышенным содержанием фенола в среде было меньше, но т.к. фенолы относятся к высоко токсичным веществам, то даже при их численности, достигающей  $10^2$  кл/мл., они являются опасными поллютантами среды [3]. Максимальные значения численности данной эколого-трофической группы были зафиксированы в районе Спортклуба ( $(2,15\pm0,2)*10^2$  КОЕ/мл) и мыса Шигина ( $(1,65\pm0,07)*10^2$  КОЕ/мл).

Анализ содержания металл-резистентных микроорганизмов позволил оценить уровень специализированного пресса на поверхностные воды бухты Новик. Микробная индикация зафиксировала никелевое загрязнение поверхностных вод, сопровождающее сжиганию углеводородного топлива, на 8 из 12 станций наблюдения. Если содержание ионов и комплексов Cd, Pb и Ni в воде свидетельствует преимущественно о техногенном воздействии на среду, то Cu и Zn – об антропогенном. Свинец-резистентные бактерии не выявлены вообще, что говорит об отсутствии специализированного техногенного воздействия. Медь- и кадмий-резистентные микроорганизмы обнаружены на трех станциях из 12, а цинк-резистентные микроорганизмы были выявлены лишь на одной станции – мыс Исямова и составили  $(1,5\pm0,7)*10$  КОЕ/мл. В целом численность всех выявленных металлрезистентных микроорганизмов была невысока, и их распределение характеризовалось мозаичностью.

Результаты выполненной работы показали, что б. Новик в осенний период времени в целом находится в благополучном экологическом состоянии. По данным численности КГМ воды характеризуются как олигосапробные, чистые, а полученные значения индекса олиготрофности свидетельствуют о частичном накоплении легкодоступного органического вещества, где процессы аккумуляции преобладают над деструкцией. В небольших количествах фиксируются БГКП, свидетельствующие о биологическом загрязнении вод.

Анализ численности индикаторов загрязнения среды нефтепродуктами позволяет отнести воды бухты к категории малозагрязнённые.

Металл-резистентные микроорганизмы говорят о минимальном уровне специализированного пресса (техногенного) на поверхностные воды бухты. Доминантной группой МР бактерий являются Ni-резистентные гетеротрофы, численность которых, несомненно, связана со сжиганием углеводородного топлива (котельные, судовые двигатели).

**Финансирование работы:** Микробиологическая оценка морской среды проводилась при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № FZNS-2023-0011

#### *Список литературы*

1. Гаппоева В.С Микробиологическая индикация загрязнения окружающей среды // Актуальные проблемы биологии и экологии. - Владикавказ: Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, 2019. - С. 81-85.
2. ГОСТ 31942-12. Вода. Отбор проб для микробиологического анализа. — М.: Стандартинформ. 2013.
3. Димитриева Г.Ю., Безвербная И.П., Христофорова Н.К. Микробная индикация - возможный подход для мониторинга тяжелых металлов в Дальневосточных морях // Известия ТИНРО. - 2001. - №128-3. - С. 719-736.
4. Христофорова Н.К., Дёгтева Ю.Е., Бердасова К.С., Емельянов А.А., Лазарюк А.Ю. Химико-экологическое состояние вод бухты Новик (остров Русский, зал. Петра Великого, Японское море) // Изв. ТИНРО. – 2016. – Т. 186. – С. 135-144.
5. Христофорова Н.К., Журавель Е.В., Миронова Ю.А. Рекреационное воздействие на залив Восток (Японское море) // Биол. моря. 2002. №4. С. 300-303.

---

Воропаев Т.С., Пикалова Н.А.

#### **РЕДКИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ ЭНТОМОФАУНЫ Х. БЕТТА**

Кафедра геоэкологии и природопользования КубГУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент Н.А. Пикалова

Изучение энтомофауны х. Бетта проводилось с 31 мая по 8 июня 2023 года. Насекомые фиксировались как при помощи маршрутного метода (предварительно продумывается маршрут, по которому проходит учётчик и фиксирует все встреченные виды), так и случайно, в ходе какой-либо иной деятельности. Видовую принадлежность определяли при помощи приложения «iNaturalist».

Хутор Бетта располагается на северо-восточном берегу Чёрного моря, на южном склоне Северо-Западного Кавказа. В административном плане х. Бетта принадлежит муниципальному образованию город-курорт Геленджик и находится к юго-востоку от него на расстоянии 48 км [3].

Будучи населённым пунктом на берегу моря, х. Бетта принадлежит к курортно-рекреационной зоне нашей страны. Именно курортно-туристические объекты приносят основную экономическую выгоду не только Бетте, но и городу Геленджику в частности. Менее значимые отрасли в экономике муниципального образования – это пищевая промышленность и сельское хозяйство (виноделие, выращивание теплолюбивых культур) [4].

По характеристикам климат Бетта относится к сухим субтропикам средиземноморского типа. Климат характеризуется жарким, сухим летом и влажной теплой зимой. Горы Кавказского хребта защищают город от холодного северного воздуха, а Чёрное море смягчает жару летом, а зимой – отдаёт за лето накопленное тепло [1].

По данным Красной книги КК, на территории МО Геленджик можно встретить более 70 видов редких насекомых, информации о которых крайне мало, что делает данную работу актуальной.

В ходе исследования энтомофауны хутора Бетта были обнаружены 6 видов насекомых, занесённых в Красные книги Краснодарского края и Российской Федерации [2] (таблица).

Редкие насекомые хутора Бетта

Вид	Принадлежность к Красной книге РФ	Принадлежность к Красной книге Краснодарского края
Красотел пахучий ( <i>Calosoma sycophanta</i> )	«2 – Сокращающиеся в численности»	4 СК «Специально контролируемый»
Карабус кавказский ( <i>Carabus caucasicus</i> )	«2 – Сокращающиеся в численности»	3 УВ «Уязвимые»
Бронзовка кавказская ( <i>Protaetia speciose</i> )	–	3 УВ «Уязвимые»
Зеринтия поликсена ( <i>Zerynthia polyxena</i> )	Приложение 2	3 УВ «Уязвимые»
Пчела-плотник ( <i>Xylocopa valga</i> )	–	3 УВ «Уязвимые»
Сколия пятнистая ( <i>Scolia maculata</i> )	–	3 УВ «Уязвимые»

Всего, из 6 видов краснокнижных насекомых х. Бетты, 3 вида (красотел пахучий, карабус кавказский, бронзовка кавказская) относятся к отряду Жесткокрылые (*Coloeptera*), 1 вид (зеринтия поликсена) относятся к отряду Чешуекрылые (*Lepidoptera*) и 2 вида (пчела-плотник, сколия пятнистая) относятся к отряду Перепончатокрылые (*Hymenoptera*). По данным таблицы, все 6 видов принадлежат к Красной книге Краснодарского края и 3 вида (красотел пахучий, карабус кавказский, зеринтия поликсена) принадлежат к Красной книге Российской Федерации.

Итого, за 9 дней исследования в х. Бетта, были обнаружены: 3 особи красотела пахучего, 1 особь карабуса кавказского, 7 особей бронзовки кавказской, 28 особей зеринтии поликсены, 4 особи пчелы-плотника и 3 особи сколии пятнистой. Такое количество найденных видов может быть обусловлено малой длительностью исследования и временем года, ведь жизнедеятельность некоторых видов приурочена к определенным температурным условиям.

Ввиду того, что исследуемая территория является объектом интенсивного антропогенного воздействия, необходим регулярный мониторинг энтомофауны окрестностей х. Бетта (Краснодарский край).

**Работа выполнена по теме госзадания FZEN-2023-0012 «Фундаментальные аспекты рационального рекреационного природопользования и определения антропогенной нагрузки в контексте устойчивого развития туризма».**

*Список литературы*

1. Геленджикский район – плюсы и минусы, подробная информация. URL – <https://www.idisuda.ru/otdyh/gelendzhikskiy-rayon/info/>
2. Красная книга Краснодарского края. Животные. III издание / Отв. ред. А. С. Замотайлов, Ю. В. Лохман, Б.И. Вольфов. – Краснодар: Адм. Краснодарского края, 2017. – 720 с.
3. Погорелова, А.В. Физическая география Краснодарского края [Учебное пособие] / А.В. Погорелова. – Краснодар, 2000. – 188 с.
4. Предприятия, производство, торговля, туризм и услуги города Геленджика. URL – <http://moe-more.ru/index.php?q=node/2830>.

Каменева М.О.<sup>1</sup>, Дизюрова В.Д.<sup>2</sup>

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОПИХТОВО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ ПО ОСНОВНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ДРЕВОСТОЯ

<sup>1</sup> Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> Ботанический сад-институт ДВО РАН

<sup>2</sup> Научный руководитель – н.с. лаборатории геоботаники БСИ ДВО РАН Т.Я. Петренко

В наше время остро стоит проблема сокращения площади лесов. Различные антропогенные и биотические факторы, такие как неконтролируемые вырубки лесов, лесные пожары, выедание и вытаптывание подроста деревьев копытными, крайне негативно влияют на леса. В то же время все эти процессы усугубляются стремительными изменениями климата [3]. Все это приводит к длительным нарушениям лесных сообществ и даже переходу к нелесным экосистемам.

Из-за уменьшения площади лесов происходит деградация ландшафтов, нарушение почвенных покровов, ускорение эрозии, сокращение ареалов различных видов животных, поэтому данную проблему необходимо изучить и найти способы её решения для сохранения экологической стабильности лесных сообществ [3].

Кедрово-широколиственные леса с *Abies holophylla* Maxim. – одни из самых флористически богатых лесных сообществ умеренной зоны. Но площадь этих лесов за последние 100 лет сильно сократилась. В настоящее время массивы этих сообществ в основном сохранились лишь в пределах особо охраняемых природных территорий (ООПТ) на юге Приморского края [1]. Важно понимать, в каком состоянии находятся эти экосистемы, и способствовать их сохранению.

В лесном хозяйстве состояние лесов оценивают с помощью таксационных показателей: видового состава, возраста, среднего диаметра ствола, средней высоты древостоя, полноты, бонитета и др.

Цель данного исследования – изучить значимость характеристик древостоя для оценки степени нарушенности чернопихтово-кедрово-широколиственных лесов (ЧКШЛ) на юге Приморья. В качестве эталона малонарушенных ЧКШЛ мы рассматривали сообщества с высоким флористическим разнообразием (до 100 видов на площадке 400 м<sup>2</sup>) и выраженной непрерывной вертикальной структурой, характерной для ЧКШЛ (6 ярусов).

Материалом послужили геоботанические описания 40 пробных площадей (ПП) 50×50 м в ЧКШЛ: 30 из них выполнены в Уссурийском заповеднике (июль-август 2022 г.) и 10 – в национальном парке «Земля Леопарда» (июль 2023 г.). Для каждой ПП фиксировали географические координаты, высоту над ур. м., экспозицию склона. На ПП проводился учёт всех крупных деревьев больше 40 см в диаметре на высоте 1,3 метра. В большие площадки были вложены ПП 20×20 м, на которых были сделаны полные геоботанические описания с перечётом всех видов растений по ярусам и определением их проективного покрытия. Для каждого дерева на площадке измеряли диаметр.

Для выявления степени нарушенности сообществ и их корреляции с характеристиками древостоя выполнена ординация методом неметрического многомерного шкалирования (non-metric multidimensional scaling – NMDS), в пакете ‘vegan’ среди R [2]. Это метод непрямой ординации, при котором выполняется упорядочение объектов вдоль направления изменения сходства между ними.

В качестве исходных данных для ординации использовали сумму площадей поперечных сечений стволов для каждого вида на ПП, полученную на основе диаметра деревьев. В качестве переменных использовали экологические характеристики: число ярусов, флористическое богатство и число видов деревьев, процент хвойных в древостое, число крупных деревьев и проективное покрытие травяного яруса; а также географические: координаты, высоту над ур. м., крутизну и экспозицию

склона. В результате получена диаграмма распределения ПП по полноте древостоя (рисунок). Точки довольно равномерно распределяются в пространстве, что обусловлено тем, что исследуется один тип сообществ. Точки из Земли леопарда занимают преимущественно нижний правый угол на полученной диаграмме.

Статистический анализ показал достоверную связь оси 1 с проективным покрытием травяного яруса (корреляция 0.995). Ось 2 коррелирует с числом больших деревьев на площадке (0.835). Помимо этого, на диаграмме отображены вектора наиболее важных показателей степени нарушенности древостоя: флористического богатства и числа ярусов в сообществе. Направление векторов показывает, что эти показатели принимают наименьшие значения на площадках Земли леопарда, что говорит о большей степени нарушенности, чем в Уссурийском заповеднике.

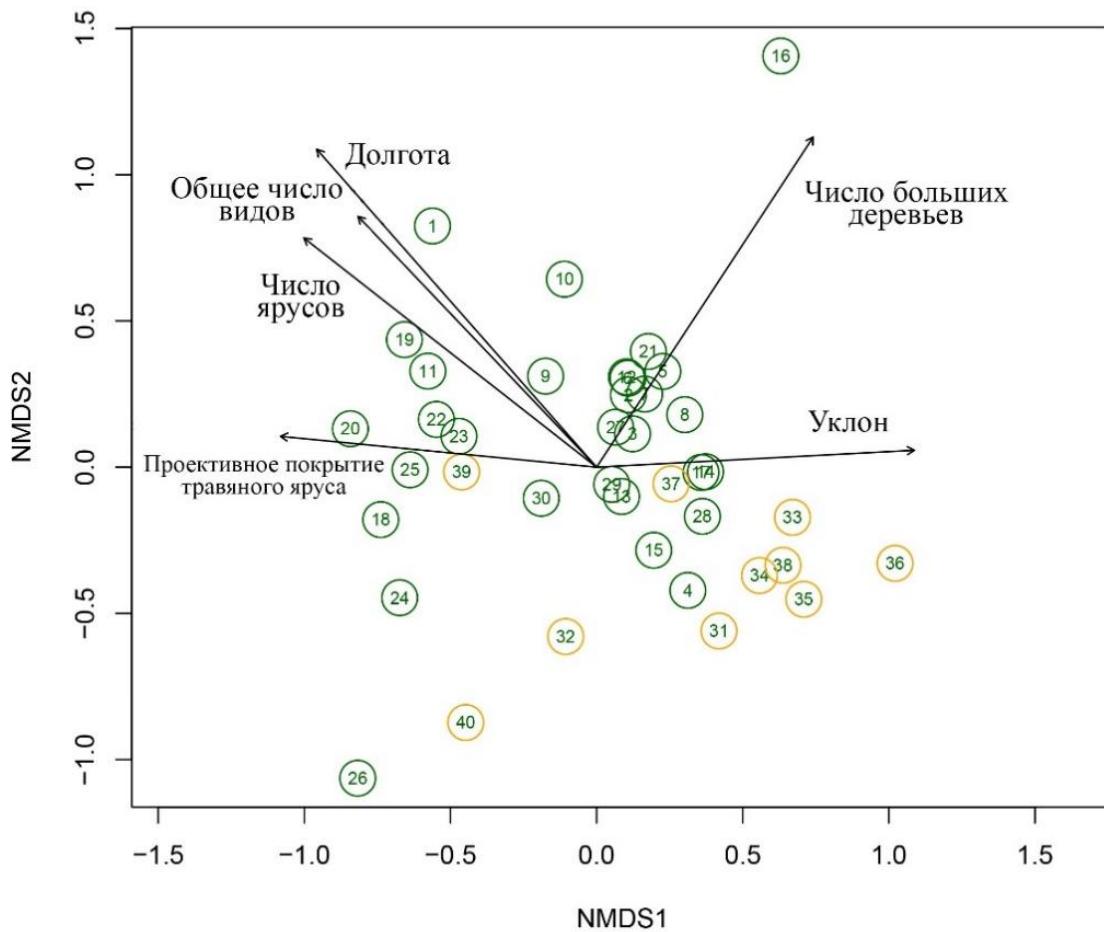


Рисунок – Ординация площадок методом NMDS

Зеленые точки – ПП Уссурийского заповедника; оранжевые – ПП Земли леопарда

Полученные результаты можно объяснить тем, что чернопихтово-широколиственные леса Уссурийского заповедника охраняются в течение более длительного периода, чем сообщества на территории национального парка «Земля леопарда». Кроме того, в ходе полевых работ на территории национального парка обнаружены значительные нарушения, вызванные деятельностью копытных животных.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что существует корреляция между основными характеристиками древостоя (полнота и видовой состав) и показателями состояния (флористическое богатство, непрерывность вертикальной структуры) чернопихтово-широколиственных лесов. Однако для того, чтобы достоверно оценить состояние сообщества, нужно анализировать данные в комплексе.

*Список литературы*

1. Васильев, Н.Г. Чернопихтово-широколиственные леса южного Приморья / Н.Г. Васильев и др. – П–М.: Изд–во АН СССР. – 1962. – С. 1-148.
2. McCune B. Analysis of ecological communities/ McCune B. et al. // Gleneden Beach, OR : MjM software design. – 2002. – Т. 28. – С. 1-300.
3. Seidl R. Forest disturbances under climate change / Seidl R. et al. // Nature climate change. – 2017. – Т. 7, №. 6. – С. 395-402.

---

Каракулова А.И.<sup>1</sup>, Миронова Е.К.<sup>1</sup>, Неверова В.В<sup>2</sup>., Купина В.В<sup>2</sup>., Фигурина Т.К.<sup>3</sup>, Цыганков В.Ю<sup>1</sup>.  
**ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ НОВОРОЖДЕННЫХ ДЕТЕЙ ЮГА И СЕВЕРА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ**

<sup>1</sup> Международная кафедра ЮНЕСКО "Морская экология" ИМО ДВФУ

<sup>2</sup> ОГБУЗ «Магаданский родильный дом»

<sup>3</sup> ГБУЗ Сахалинской области «Южно-Сахалинская детская городская поликлиника»

Научный руководитель – ассистент Е.К.Миронова

Стойкие органические загрязняющие вещества (СОЗ) представляют глобальную опасность из-за их способности к биомагнификации, трансграничному переносу и разнообразному вредному воздействию. Основными путями воздействия на человека являются употребление загрязненной пищи, ингаляция и кожная абсорбция [3]. Липофильные соединения аккумулируются в организме и передаются с грудным молоком, что увеличивает риск для новорожденных. Учитывая способность этих веществ к накоплению в органах с большим количеством липидов, необходимо осуществлять мониторинг их содержания в молоке женщин [1]. Рассматривая региональные особенности, особый интерес представляют Юг и Север Дальнего Востока России. Наша работа направлена на изучение аккумуляции СОЗ в грудном молоке женщин этих регионов с целью оценки экологического риска возможности развития онкологических заболеваний у младенцев от употребления грудного молока.

В 2022 году изучены образцы грудного молока 26 женщин, проживающих в Сахалинской области и 36 женщин, проживающих в Магаданской области. Возраст женщин Сахалинской области составил от 22 до 43 лет, Магаданской области от 14 до 43 лет.

На основе полученных ранее результатов проведена оценка суточного потребления токсикантов с грудным молоком младенцами (*EDI*). Предполагается, что ребенок весом 5 кг потребляет около 700 г грудного молока в день. Средние суточные нормы потребления СОЗ младенцем с молоком матери оценивали по следующему уравнению:

$$EDI = \frac{C_{milk} \cdot F \cdot 700 \text{ г}}{5}$$

где *EDI* – предполагаемая суточная доза (нг/кг массы тела/день),

*C<sub>milk</sub>* – концентрация СОЗ в грудном молоке (нг/г липидов),

*F* – процентное содержание жира (1% = 0,01).

Потребление СОЗ младенцами сравнивали с рекомендациями *PTDI* (условно-допустимое ежедневное потребление), предложенными ФАО/ВОЗ [4].

Из таблицы видно, что расчетное потребление всех поллютантов в десятки и сотни раз выше в Сахалинской области по сравнению с Магаданом. Однако, концентрации индивидуальных соединений ХОП и ПХБ, а также суммы изомеров ГХЦГ и метаболитов ДДТ и ПХБ в двух регионах не превышали расчетного суточного потребление (*EDI*).

Таблица

Расчетное суточное потребление токсикантов (EDI) младенцами Сахалинской и Магаданской области на основе концентраций ксенобиотиков \\ материнском молоке

СОЗ	EDI (нг/кг веса тела/день) <sup>1</sup>		PTDI (нг/кг веса тела/день) <sup>2</sup>
	Сахалинская область	Магаданская область	
$\alpha$ -ГХЦГ	35,6		5000
$\beta$ -ГХЦГ	50,6	25,9	
$\gamma$ -ГХЦГ	19,1	57,4	
$\delta$ -ГХЦГ	377,5	-	
<b>ΣГХЦГ</b>	<b>482,8</b>	<b>83,3</b>	
<i>o,p'</i> -ДДТ	174,2	121,2	10000
<i>p,p'</i> -ДДТ	3964,2	41,8	
<i>o,p'</i> -ДДД	194,5	-	
<i>p,p'</i> -ДДД	-	-	
<i>o,p'</i> -ДДЕ	-	10,9	
<i>p,p'</i> -ДДЕ	98,8	19,8	
<b>ΣДДТ</b>	<b>4431,7</b>	<b>193,7</b>	
ПХБ 28	67,9	84,1	
ПХБ 52	19,8	10,3	
ПХБ 101	174,7	-	1000
ПХБ 118	23,9	16,0	
ПХБ 138	26,0	-	
ПХБ 143	-	-	
ПХБ 153	34,1	32,7	
ПХБ 155	-	-	
ПХБ 180	-	-	
<b>ΣПХБ</b>	<b>346,4</b>	<b>143,1</b>	

<sup>1</sup> – среднесуточное потребление

<sup>2</sup> – предположительно безопасная суточная доза (provisional tolerable daily intake)

Следует отметить, что, несмотря на присутствие СОЗ в окружающей среде и наличие хлорорганических соединений в женском грудном молоке, Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует не отказываться от грудного вскармливания детей, так как оно считается самым здоровым вариантом питания для младенцев [2]. С точки зрения проведения оздоровительных мероприятий, повышающих качество и безопасность грудного молока ВОЗ рекомендует проведение корректировки диеты с переходом от жиро содержащих продуктов животного происхождения на растительные продукты, в которых белки и жиры содержат меньше персистентных хлорорганических соединений. При такой диете повышается качество и безопасность грудного молока, а его питательная ценность не изменяется.

*Работа выполнена при поддержке государственного задания Минобрнауки России FZNS-2023-0011.*

*Список литературы*

1. Миронова Е. К. и др. Стойкие органические токсиканты в грудном молоке женщин юга и севера Дальнего Востока России и оценка риска для здоровья младенцев //Токсикологический вестник. – 2023. – Т. 31. – №. 2. – С. 99-108.
2. Mironova E. K. et al. Organochlorine Pollutants in Human Breast Milk from North of the Far Eastern Region of Russia //Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. – 2023. – Т. 110. – №. 5. – С. 95.
3. Tsygankov V.Yu., Gumovskaya Yu.P., Gumovskiy A.N., Koval I.P., Boyarova M.D. Organic Chlorine Compounds in Breast Milk of Women in the South of the Russian Far East. Ekologiya cheloveka [Human Ecology]. 2020; 4: 12–18. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-4-12-18>.
4. FAO/WHO (2005) Joint meeting of the panel of experts on pesticide residues. [www.who.int/ipcs/publications/jmpr/en/](http://www.who.int/ipcs/publications/jmpr/en/)

---

Керемшева Е.В., Набокина А.А.

**СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕЙОБЕНТОСА КОСЫ НАЗИМОВА**

**(ЯПОНСКОЕ МОРЕ, ЗАЛИВ ПОСЬЕТА, БУХТА ЭКСПЕДИЦИИ)**

Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ

Научный руководитель – д.б.н., профессор Н.П. Фадеева

Побережье косы Назимова – одно из популярных мест морского отдыха населения юга Дальнего Востока. Антропогенное воздействие на прибрежные донные сообщества косы Назимова будет неуклонно расти в связи с развитием туризма в данной местности. В этих условиях важно фиксировать количественные и качественные изменения в составе, структуре и распределении донных сообществ.

Однако в настоящее время отсутствует программа долгосрочного крупномасштабного прибрежного мониторинга песчаных пляжей. Менофауна, дискретная группа мелких организмов (<1 мм), встречается в большом изобилии и разнообразии в донных отложениях по всему миру [8]. Несмотря на то, что биомасса менофауны низка по сравнению с другими бентическими компонентами, вклад менофауны в экосистемные процессы велик, но не так заметен человеку.

В настоящий период широко используется оценка экологического состояния морских водоемов методами биоиндикации с использованием донных менобентосных сообществ, что связано с необходимостью решения практических задач, касающихся защиты и сохранения различных водных объектов [2;7]. Потенциальная роль доминирующих групп менобентоса и ряд структурных процедур в настоящее время рассмотрена в литературе [1; 4; 5].

Материалом для работы послужили количественные сборы, которые проводились в рамках программы комплексных исследований сообществ песчаных пляжей Японского моря, на косе Назимова (залив Посьета) в течение трех лет (2007, 2021 и 2022 гг.) Пробы грунта собирали на мониторинговых станциях, расположенных в однотипном биотопе (хорошо сортированные среднезернистые псаммиты,  $Md = 2,36$ , коэффициент сортировки  $S_o = 0,902$ ). Глубина в точке наблюдений составляла 0,7 – 1 м. Для сбора проб использовали трубчатый пробоотборник высотой и диаметром 5 см. Средние значения плотности поселения менофауны получали по данным трех параллельных проб. Одновременно исследовали гранулометрический состав, общее количество органического вещества в грунте, оценивали степень волнения, измеряли температуру и соленость придонного слоя воды. Всего изучено 12 проб.

За годы наблюдений (2007; 2021; 2022) для косы Назимова была идентифицирована многоклеточная (*Nematoda*, *Rotifera*, *Halacaridae*, *Turbellaria*, *Oligochaeta*, *Gnatostomulida*, *Polychaeta*, *Priapulida*, *Nemertea*, *Gastrotrichia*) и одноклеточная (*Foraminifera*, *Infusoria*) мейофауна.

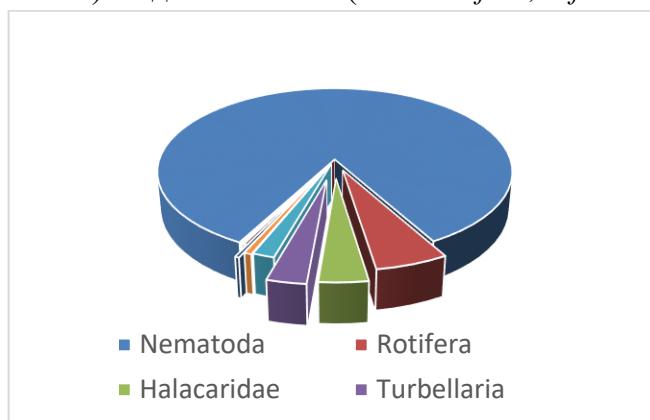


Рисунок - Таксономический состав мейобентоса косы Назимова

Во все периоды исследований доминировали свободноживущие нематоды (~84,1%). Из других систематических групп заметную роль играли коловратки (5,6%), морские клещи (3,7%), турбеллярии (3%) и мейобентосные олигохеты (1,7%).

За годы исследований в прибрежной зоне на глубинах до 1 м было обнаружено 32 вида морских нематод. Два вида родов *Bolbolaimus*, *Rynchoneta* являются новыми для науки [3]. По индексу Маргалефа наибольшее разнообразие отмечено в 2022.

Необходимы систематические мониторинговые наблюдения за состоянием флоры и фауны песчаных грунтов, т.к. эти данные могут дать представление о будущих изменениях качества среды. Изменение видового состава может отражать увеличивающуюся туристическую, рекреационную нагрузку, изменения климата и гидродинамики.

Для улучшения прогнозирования рекреационно-туристического пресса существует острая потребность как в долгосрочных, крупномасштабных непрерывных наборах данных, так и в улучшенных моделях прогнозирования прибрежной береговой линии. С этой целью составлен экологический паспорт для акватории косы Назимова Японского моря, залива Посыт, бухты Экспедиции. Под экологической паспортизацией понимают фиксацию одномоментной статистической картины состояния морской экосистемы на некий условный момент времени, принятый за начало отсчета [6]. В состав паспорта входят следующие данные: дата составления, тип бассейна, географические координаты акватории, собственник и распорядитель акватории и ее побережья, перечень землепользователей (морепользователей), характер освоенности побережья (инфраструктура), степень ветровой нагруженности побережья, содержание токсикантов в грунте (тяжелые металлы, СОЗ и др.), численность и состав бентосных сообществ, включая микроорганизмы и микрофитобентос. По мере необходимости в состав паспорта можно вводить изменения и новые динамические характеристики.

#### Список литературы

1. Danovaro R. Benthic microbial loop and meiofaunal response to oil-induced disturbance in coastal sediments: a review // Int. J. Environment and Pollution. 2000. V.13, N 1-6. P. 380-392.
2. Fadeeva N.P, Maslennikov S.I. The abundance and distribution of free-living marine nematodes of the Piltun-Astokhskoye oil and gas field (North-East Sakhalin) //Russian Journal of Nematology. 2009. P.31-42.
3. Fadeeva N., Nabokina A. Rare marine nematodes of sandy beaches from the Sea of Japan //Zootaxa, in lit. Giere O. Meiobenthology: the microscopic fauna in aquatic sediments. 2009. Berlin. Springer. 527 p.

4. Lee M. R., Correa J. A., Castilla J.C. An assessment of the potential use of the nematode to copepod ratio in the monitoring of metals pollution. The chanal case // Mar. Pollut. Bull. 2001. Vol. 42, N 8. P. 696-701.

5. Preobrazhensky B. V., Zharikov V. V., Dubeikovsky L. V. Basics of Underwater Landscape Studies: (Management of Marine Ecosystems). Vladivostok: Dalnauka, 2000. 352+8 p.

6. Schratzberger M., Warr K., Rogers S. Functional diversity of nematode communities in the southwestern North Sea. P. 17-21 //Monitoring of the quality of the marine environment, 2005-2006. 69 p.

7. Schratzberger M., Ingels J. Meiofauna matters: The roles of meiofauna in benthic ecosystems // The Journal of Experimental Marine Biology and Ecology provides a forum for experimental ecological research on marine organisms in relation to their environment, 2017. 25 p.

---

Лобанова Т.Р.

## ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ДОННЫХ ОСАДКОВ АВАЧИНСКОГО ЗАЛИВА МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭМБРИОНОВ И ЛИЧИНОК ПЛОСКОГО МОРСКОГО ЕЖА SCAPHECHINUS MIRABILIS

Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент Е.В. Журавель

Осенью 2020 года у юго-восточного побережья Камчатского полуострова была зафиксирована экологическая катастрофа, вероятно, вызванная обширным цветением вредоносных микроводорослей рода *Karenia*, однако однозначного ответа, в чем причины этого «цветения», нет и сегодня [4]. В связи с этим большее значение приобретает изучение особенностей функционирования экосистем, подверженных данному явлению, мониторинг их состояния и оценка антропогенного воздействия в условиях изменяющегося климата. Для выявления возможного токсического воздействия загрязнённых донных осадков Авачинского залива на гидробионтов было проведено их биотестирование. Пробы были отобраны в июне-июле 2022 г. в следующих районах: б. Лиственичная, б. Вилючинская, Авачинская губа, Халактырский пляж и в северной части залива (рисунок 1).

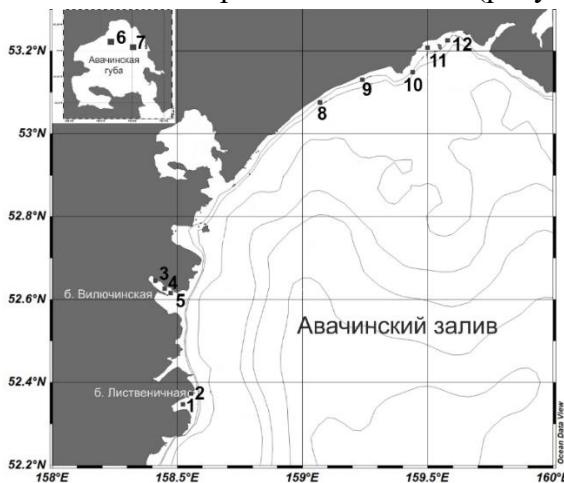


Рисунок 1 - Схема расположения станций отбора проб донных отложений в Авачинском заливе  
(здесь и далее номера станций соответствуют номерам проб)

Оценка токсичности водных вытяжек из донных осадков проводилась по результатам эмбриотеста с плоским морским ежом *Scaphechinus mirabilis*. Биотестирование проводили согласно стандартным методикам [2, 5].

По результатам экотоксикологических экспериментов на четырех станциях тест-организм испытал однозначное высокое токсическое воздействие, здесь зарегистрировано наибольшее отклонение от контроля: в кутовой части б. Вилючинской (ст. 3), у устья р. Налычева (Халактырский пляж) (ст. 9), в северо-восточной части Авачинской губы (ст. 7) и в районе выхода р. Островная в северной части залива (ст. 11). Максимальные значения интегрального индекса токсичности донных осадков ITI были выявлены на станциях, расположенных в кутовой части б. Вилючинской (ст. 3) и у устья р. Налычева (ст. 9). Помимо этого, большая доля аномальных личинок, свидетельствующая также об высокой токсичности зафиксирована для проб 4, 6, 12. Эмбриотест с *S. mirabilis* показал, что вытяжки донных отложений остальных станций оказались слабо (ст. 10) и среднетоксичными (ст. 1, 2, 5, 8) (рисунок 2).

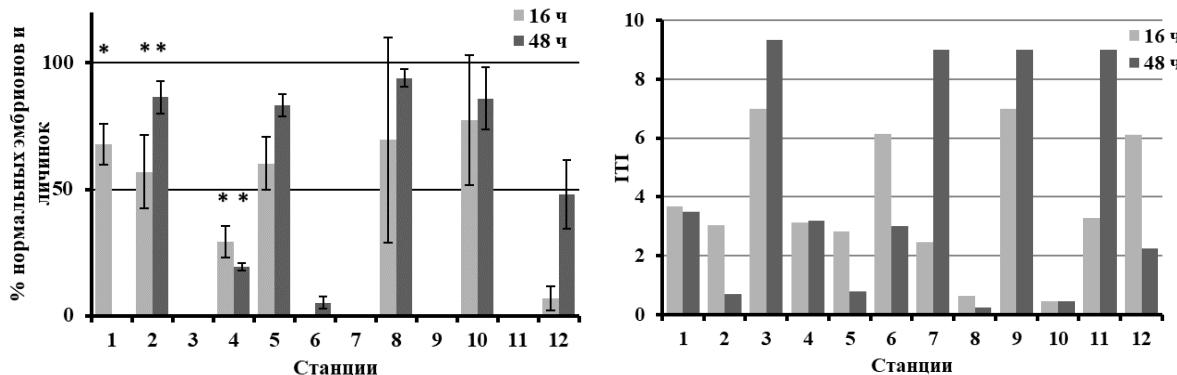


Рисунок 2 - Результаты эмбриотоксического воздействия вытяжек донных осадков.

Нормальных эмбрионов в контроле 94-97%. \* – Отличие от контроля достоверно ( $p \leq 0,05$ )

На основании полученных нами данных, наиболее токсичные донные отложения регистрируются в закрытой части б. Вилючинская, в северной части Авачинского залива и в Авачинской губе. Стоит отметить, что в соответствии с результатами наших предыдущих исследований по данному району, с использованием в качестве тест-объекта микроводоросли *Phaeodactylum tricornutum*, подтверждаются результаты, полученные в настоящем исследовании [1]. Ввиду отсутствия видимых источников загрязнения антропогенного происхождения для первых двух станций – в закрытой части б. Вилючинская и в северной части Авачинского залива, реакция тест-организмов, вероятнее всего, вызвана не высоким уровнем антропогенного воздействия, а природными причинами – вулканической активностью и вулканическим генезисом грунтов, особенностями гидродинамики и процессов формирования донных осадков. Исключением являются пробы из Авачинской губы в районе г. Петропавловск-Камчатский. Для них причины, обуславливающие токсичность, иные – антропогенные, так как имеются данные о систематически осуществляемых сбросах загрязненных сточных вод в акваторию бухты [1].

#### Список литературы

- Доклад «Об экологической ситуации в Камчатском крае в 2021 году». – Петропавловск-Камчатский: Министерство природных ресурсов и экологии Камчатского края, 2022. – 405 с.
- Кобаяси Н., Найденко Т.Х., Ващенко М.А. Стандартизация биотеста с использованием зародышей морского ежа // Биология моря. 1994. Т.20. № 6. С. 457–464.
- Лобанова Т.Р. Оценка токсичности донных осадков Авачинского залива методом биотестирования на основании физиологических реакций микроводоросли *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin : курсовая работа / Т. Р. Лобанова. – Владивосток., 2023. – 37 с.

4. Alexanin A., Kachur V., Khramtsova A., Orlova T. Methodology and Results of Satellite Monitoring of Karenia Microalgae Blooms, That Caused the Ecological Disaster off Kamchatka Peninsula // Remote Sensing. – 2023. – Vol. 15. – № 5. – P. 1-15.

5. Morroni L., Pinsino F., Pellegrini D., Regoli F., Matranga V. Development of a new integrative toxicity index based on an improvement of the sea urchin embryo toxicity test // Ecotoxicol. Environ. Saf. 2016. № 12. P. 1–5.

---

Самойлова В.А., Фадеева Н.П.

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЙОБЕНТОСА АВАЧИНСКОГО ЗАЛИВА

Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ

Научный руководитель – д.б.н., профессор Н.П. Фадеева

Исследование мейофауны прибрежной зоны Дальневосточных морей происходит крайне неравномерно. К настоящему времени Берингово море остается не исследованным, а по Охотскому морю имеются отдельные описания мейобентосных таксонов [3,4]. Однако, оценка характеристик всех размерных групп бентоса в верхней части шельфа необходима для организации мониторинга за состоянием экосистем во время хозяйственного освоения этих морей. В связи с этим целью данной работы было описание количественных характеристик мейобентоса и анализ его распределения по акватории Авачинского залива.

В сублиторали Авачинского залива материал был собран в ходе съемки, проведенной 28.06-5.07.2022 г. Всего было исследовано 7 проб донных осадков с глубин от 7,7 м до 19,9 м сотрудниками ТОИ им. В. И. Ильинчева ДВО РАН с помощью бокс-корера в ходе рейса № 80 НИС «Профессор Гагаринский». Пробы грунта промывали морской водой на ситах с диаметром ячей 0.032 мм и просматривали вытяжку для определения качественного состава микроводорослей и мейобентосных животных [1].

Исследования показали, что нематоды составляли от 42 до 99 % общей численности мейобентоса. Существенно меньшие доли составляли гарпактикоидные копеподы (2-39%) и фораминиферы (3-46%). Из псевдомейобентоса были обнаружены представители *Bivalvia*, *Gastropoda*, *Polychaeta*, *Isopoda*, *Decapoda*, *Acari*. Общая плотность мейобентоса и ведущей группы — нематод достоверно отрицательно связана с глубиной и происходящим заилиением грунта, для плотности гарпактикоидных копепод и фораминифер связь с глубиной не прослеживалась.

Видовое богатство свободноживущих нематод изменилось незначительно - от 2 до 15 видов на станции. Наименьшее число видов нематод, как и таксонов мейофауны отмечено на станции Д-8

Станции/ индекс	Черный ил со слоями оливкового цвета (ст108)	Мелкозернистый песок оливкового цвета (ст112)	Среднезернистый песок черного цвета (ст41)	Черный мелкий песок (ст. Д2)	Черный мелкий песок (ст. Д1)	Мелкозернистый песок оливкового цвета (ст. Д8)	Ил оливкового цвета (ст.121)
Simpson	0.42	0.82	0.88	0.69	0.75	0.44	0.71
Shannon	0.99	1.99	2.31	1.81	1.49	0.62	1.49

Индекс Симпсона варьировал в диапазоне 0.42- 0.82. Значения индекса Шеннона находятся в диапазоне от 1 до 2,3, минимальное – отмечено в б. Вилючинской, что свидетельствовало об увеличении числа массовых видов и снижением степени их доминирования. Наибольшей частотой встречаемости (29 %) и средней плотностью поселений характеризовались нематоды *Sabatieria* sp. Значительный вклад в численность нематофауны вносили следующие виды: *Chromadoraheter ostomata*,

*Metadesmolaimus canicula*, *Euchromadora*, *Bolbolaimus* sp., *Richtersia*, *Chromadorita*, *Microlaimus*. Остальные виды нематод характеризовались низкой встречаемостью, и вклад каждого из них не превышал 5 % от общей плотности поселения нематод.

В трофической структуре нематоценов Авачинского залива на ст. 108 и 112 доминировали две группы – грунтоеды и фитофаги-соскабливатели (до 94,70 и 51,93% от численности животных в группировке соответственно). Доля хищников составляла 3–40%. Доминирующей группой на глубинах в песках оливкового цвета были диатомовые водоросли. Видовое богатство диатомовых водорослей поверхностных осадков зал. Авачинский, по-видимому, достаточно велико, хотя и уступает этому показателю для планктона. Существенную роль в сообществе играют диатомеи с размерами менее 20 мкм. Мелкие виды (<30 мкм) диатомовых водорослей, такие как *Navicula* sp. 1 и *Navicula* sp. 2 являются самыми многочисленными видами в грунте (91% численности и 49% биомассы), хотя крупные виды, такие как *Hobaniella longicurvis*, *Pleurosigma angulatum* доминируют по биомассе, в грунте отмечены также диатомеи рода *Pseudonitschia* sp., некоторые виды которого являются потенциально-токсичными.

На основании литературных данных [2,5] можно предположить, что углерод и азот фитодетрита, микрофитобентоса и фитопланктона может быть включен в пищевую сеть цепь донных осадков Авачинского залива.

#### *Список литературы*

1. Мокиевский В.О. Экология морского мейобентоса – Издательство: Товарищество научных изданий КМК – 2009. – С. 287.
2. Moens T, Adao H., Kasia Sroczynska K.. Meiofauna in a changing world // Ecological Indicators 138(4):108769 – 2022.
3. Mordukhovich V.V., ZografJu. K., Saulenko A.A., Fadeeva N.P. *Oloncholaimuspiipi* gen. et sp. nov. (Nematoda, Oncholaimidae) from Piip submarine volcano, the Bering Sea // Zootaxa. — 2020. —Vol. 4802 (3). — P. 556–568.
4. Mordukhovich V.V., Fadeeva N.P., SemenchenkoA.A., Kiyashko S.I, Scripova E.R. New and known species of the genus *Desmodora* De Man, 1889 (Nematoda: Desmodoridae) from the hydrothermal vent communities of the Piip volcano (south-west Bering Sea) // Deep-Sea Research Part II. 2023 doi.org/10.1016/j.dsr2.2023.105267
5. Schratzberger, M.; Ingels, J. (2018). Meiofauna matters: The roles of meiofauna in benthic ecosystems. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 502: 12-25. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2017.01.007>.

---

Соболевская М.П.<sup>1</sup>, Черенков Д.Н.<sup>2</sup>

#### **ЗАВИСИМОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ДИЗОБУТИЛ ФТАЛАТА ОТ МЕТЕОФАКТОРОВ**

<sup>1</sup>Владивостокский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательский институт медицинской климатологии и восстановительного лечения.

<sup>2</sup>Кафедра клеточной биологии и генетики ИМО ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель – д.б.н., профессор РАН Т. И. Виткина

Фталаты – это эфиры фталевой кислоты, используемые в качестве пластификаторов и растворителей. Фталаты используются в производстве различных товаров, таких как пластиковые

изделия, упаковочная пленка, игрушки, а также в косметике, парфюмерии и средствах личной гигиены [3]. Фталаты обладают свойствами эндокринных дисruptоров и могут вызывать нарушения репродуктивной функции, включая сперматогенез и эндокринные нарушения [6]. Кроме того, фталаты ассоциированы с формированием аллергопатологии, бронхиальной астмы, онкологических заболеваний, окислительного стресса. [4, 5]. Фталатный пластификатор не химически связан с полимером, а только физически, поэтому он может выщелачиваться, мигрировать или испаряться из пластика в окружающую среду [1]. Мигрируя из полимера, фталаты, попадают в воду, пищу и в воздух, где представляют угрозу для организма человека. В воздушной среде фталаты могут находиться как в свободной, так и в связанной форме, т.е. сорбируясь на различных поверхностях и пыли. Считается, что в окружающей среде фталаты быстро деградируют под действием биотических и абиотических факторов, однако связь конкретных абиотических факторов недостаточно изучена [2]. На данный момент ещё недостаточно исследований, которые изучали воздействие климато-погодных факторов на содержание фталатов в воздушной среде для эффективного прогнозирования. К тому же в России, и, в частности, в Приморском крае, исследования по оценке фталатов в воздухе практически не проводятся. Низкомолекулярные фталаты являются наиболее опасными для организма человека. В воздухе г. Владивостока самым низкомолекулярным из представленных является диизобутил фталат (ДИБФ) [1]. Учитывая вышеупомянутое, возникает необходимость исследования связи содержания фталатов в городской воздушной среде и метеофакторов. Целью данной работы явилось установление влияния погодных факторов города Владивостока на содержание ДИБФ, ассоциированных с микрозвезиями приземного слоя атмосферного воздуха.

Образцы твёрдых взвешенных частиц (ТВЧ) собирались из приземного слоя атмосферного воздуха города Владивостока в период с 2017 по 2022 годы. Пробы были взяты из двух различных зон города: с материковой части в районе Вторая речка и с островной части в районе посёлка Экипажный. Образцы атмосферного воздуха были собраны с использованием электрического аспиратора ПУ-4Э (производства ЗАО «ХИМКО», Россия). Был рассчитан трафик автомобильного движения в момент отбора проб. Фильтры были взвешены с помощью электронных весов Shimadzu (Япония), после чего была рассчитана общая массовая концентрация взвешенных веществ в единице объема атмосферного воздуха (в мг/м<sup>3</sup>). Для определения качественного и количественного состава фталатов, связанных с ТВЧ, использовался метод газовой хроматографии с последующим масс-спектральным анализом. При этом полученные соединения были идентифицированы с использованием базы данных NIST20 путем сопоставления масс-спектров с масс-спектрами известных соединений. С использованием химических стандартов был сделан калибровочный график и оценена масса ДИБФ. По данным Приморского УГМС на момент исследований были отобраны метеопараметры (направление и скорость ветра, температура, влажность и атмосферное давление воздуха). Статистический анализ был проведён в программе “STATISTICA 10.0”.

В ходе исследования была создана многофакторная регрессионная модель для прогнозирования массы ДИБФ (Y) в воздухе в зависимости от метеоусловий. В модели учитываются такие факторы, как относительная влажность воздуха (x1), скорость ветра (x2), температура (x3) и трафик автомобилей (x4).

Полученное уравнение модели выглядит следующим образом:

$$Y = 15,58 - 0,56 \times x_1 - 0,51 \times x_2 + 0,43 \times x_3 + 0,41 \times x_4.$$

Это говорит о том, что масса ДИБФ в воздухе прямо пропорционально температуре и трафику автомобилей, и обратно пропорционально влажности воздуха и скорости ветра. Подобную зависимость можно объяснить тем, что температура напрямую влияет на выделение ДИБФ из источников в окружающую среду, а автомобильный трафик может быть значительным источником ДИБФ в воздухе, так как многие компоненты автомобилей содержат данный фталат в качестве пластификаторов.

Влажность воздуха влияет на динамику частиц, выбросы и сорбцию, а скорость ветра способствует более интенсивной дисперсии и разбавлению ДИБФ в атмосфере, что также может снизить их концентрацию. Коэффициент детерминации этой модели составил 0,78, что указывает на то, что 78% изменчивости в массе ДИБФ можно объяснить учитываемыми факторами.

Разработанная многофакторная регрессионная модель является эффективным средством для прогнозирования концентрации ДИБФ в атмосфере г. Владивостока. Уравнение модели позволяет учитывать влияние метеофакторов на массу фталата в воздухе.

#### *Список литературы*

1. Виткина, Т. И. Содержание фталатов в атмосферном воздухе города Владивостока / Т.И. Виткина, М. П. Соболевская, Д. Н. Черенков // Материалы X Съезда врачей-пульмонологов Сибири и Дальнего Востока с международным участием, Благовещенск, 31 мая – 01 2023 года. – Благовещенск: Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания. – 2023. – С. 94-97.
2. Bergh, C., Organophosphate and phthalate esters in air and settled dust—a multi-location indoor study / C. Bergh, R. Torgrip, G. Emenius, C. Ostman // Indoor air – 2011. – V. 21 (1). – P. 67-76.
3. Hahladakis J. N. et al. An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling / J. N. Hahladakis, C. A. Velis, R. Weber, E. Iacovidou, P. Purnell // Journal of hazardous materials. – 2018. – Т. 344. – С. 179-199.
4. Hoppin, J. A., Phthalate exposure and allergy in the US population: results from NHANES 2005–2006 / J. A. Hoppin, R. Jaramillo, S. J. London, R. J. Bertelsen, P. M. Salo, D. P. Sandler, D. C. Zeldim // Environmental health perspectives – 2013. – V. 121 (10). – P. 1129-1134.
5. López-Carrillo, L., Exposure to phthalates and breast cancer risk in northern Mexico / L. López-Carrillo, R. U. Hernández-Ramírez, A. M. Calafat, L. Torres-Sánchez, M. Galván-Portillo, L. L. Needham, R. Ruiz-Ramos, M. E. Cebrián // Environmental health perspectives – 2010. – V. 118 (4). – P. 539-544.
6. Swan, S. H., Environmental phthalate exposure in relation to reproductive outcomes and other health endpoints in humans / S. H. Swan // Environmental research – 2008. – V. 108 (2). – P. 177-184.

---

Ткаченко О.А., Дроздовская О.А.

#### **САНИТАРНО – МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ИГРОВЫХ ПЛОЩАДОК**

#### **ДЕТСКИХ ДОШКОЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ Г.ВЛАДИВОСТОКА**

Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент О.А. Дроздовская

Почва - один из наиболее важных элементов биосферы, определяющих условия обитания человека. Являясь благоприятной средой для развития микроорганизмов, в том числе патогенных, почва служит фактором передачи различных инфекционных заболеваний. В почве довольно длительное время могут сохранять жизнеспособность и патогенность возбудители брюшного тифа, бактериальной и амебной дизентерии, гепатита А, холеры, сальмонеллеза и других кишечных инфекций. Через почву могут передаваться также микобактерии туберкулеза. Наиболее часто загрязнение почв патогенными микроорганизмами обнаруживается на территориях жилых дворов, детских образовательных учреждений, в местах выгула домашних животных [2]. К наиболее значимым территориям (объектам повышенного риска) относятся игровые площадки детских дошкольных учреждений. Для профилактики инфекционных заболеваний у детей большое значение имеет исследование санитарного состояния почвы. В связи с этим целью данной работы было

микробиологическое исследование санитарного состояния почв игровых площадок детских садов г. Владивостока.

Для исследования были выбраны 5 детских дошкольных учреждений, находящихся в разных микрорайонах г. Владивостока: 1- детский сад №145 (Луговая, 61), 2 – детский сад №138 (Шошина, 7), 3 – детский сад № 184 (Чайковского, 2), 4 – детский сад № 17 (Леонова, 5), 5 – детский сад № 67 (Океанский проспект, 96). Почвенные образцы отбирали в мае, июле и октябре 2023 года. Отбор проб осуществляли согласно ГОСТу 17.4.4.02-2017 [1].

Выделение и определение численности микроорганизмов проводили с помощью чашечного метода Кюхнера. В работе использовались микробиологические среды: МПА – мясо-пептонный агар, Эндо - среда для выделения бактерий группы кишечной палочки, энтерококк – агар, среда Плоскирева для выделения патогенных микроорганизмов. Статистическую обработку результатов микробиологических исследований выполняли на персональном компьютере с использованием пакета программ «MSExcel».

Набор контролируемых санитарно – бактериологических показателей включал: косвенные санитарно – бактериологические показатели, характеризующие интенсивность биологической нагрузки на почву (БГКП и коли индекс). Их наличие свидетельствует о загрязнении объекта исследования выделениями человека и животных, так как они постоянно обитают в тех же органах, что и возбудители заболеваний, и имеют общий путь выделения в окружающую среду; индекс энтерококков и прямые показатели эпидемической опасности почвы – патогенные энтеробактерии.

В густонаселенных городах биологическая нагрузка на почву, как правило, очень велика, и как следствие, высоки индексы санитарно-показательных организмов. К бактериям группы кишечной палочки относятся *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Escherichia*. Все они являются условно-патогенными микроорганизмами, но при ослабленном иммунитете могут вызывать пищевые отравления, мочеполовые инфекции и др.

Согласно санитарно - гигиеническим нормам почву по санитарно-эпидемиологическим показателям можно расценивать как чистую, если индекс БГКП в 1 г почвы меньше 10, умеренно-опасную – 10-100, опасную 100-1000, чрезвычайно опасную - 1000 и выше [3].

Анализ результатов исследования показал, что численность бактерий группы кишечной палочки в почвенных образцах в разные сезоны составляла от 0 (ст. № 1, май) до  $10^5$  КОЕ/г (ст. № 5 июль, октябрь), что свидетельствует о высокой биологической нагрузке данных территорий. Общая микробная численность, характеризующая валовое содержание органических веществ в почве, составляла на разных станциях  $10^6$  -  $10^8$  КОЕ/г (таблица).

Таблица

Санитарное состояние почв игровых площадок детских садов г. Владивостока  
(бактериологические показатели, 2023 г.)

№ ст.	Количество микробов в 1 г почвы, КОЕ					Категория загрязнения
	КГМ	БГКП	<i>E. coli</i>	Патогенные энтеробактерии	<i>Enterococcus</i>	
<i>Май 2023</i>						
1	$(1,4 \pm 0,1) \cdot 10^6$	0	0	0	0	1
2	$(1,2 \pm 0,1) \cdot 10^6$	$(6,6 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(5,0 \pm 0) \cdot 10^3$	0	0	4
3	$(1,9 \pm 0,2) \cdot 10^6$	$(4,06 \pm 0,9) \cdot 10^4$	$(3,6 \pm 0) \cdot 10^4$	$(3,4 \pm 0) \cdot 10^3$	0	4

Материалы региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам, Владивосток, 15 – 30 апреля 2024 г.

4	$(1,8 \pm 0,1) \cdot 10^6$	$(6,1 \pm 0,4) \cdot 10^4$	0	$(5,7 \pm 0) \cdot 10^3$	0	4
5	$(1,1 \pm 0,1) \cdot 10^6$	$(6,3 \pm 1) \cdot 10^3$	$(6 \pm 0) \cdot 10^2$	$(4 \pm 0) \cdot 10^2$	0	4
<i>Июль 2023</i>						
1	$(7,5 \pm 0,3) \cdot 10^7$	$(6,3 \pm 0) \cdot 10^2$	0	$(1,6 \pm 0) \cdot 10^3$	$(3 \pm 0) \cdot 10^2$	4
2	$(1,1 \pm 0,3) \cdot 10^8$	$(1,3 \pm 0) \cdot 10^4$	$(3 \pm 0) \cdot 10^2$	$(1,5 \pm 0,1) \cdot 10^3$	0	4
3	$(1,05 \pm 0,2) \cdot 10^8$	$(5,6 \pm 0) \cdot 10^4$	$(1 \pm 0) \cdot 10^3$	$(2 \pm 0,6) \cdot 10^4$	$(2,4 \pm 0,4) \cdot 10^3$	4
4	$(1,95 \pm 0,07) \cdot 10^8$	$(5,8 \pm 0) \cdot 10^4$	$(1,4 \pm 0) \cdot 10^3$	$(1,3 \pm 0) \cdot 10^3$	$(1,3 \pm 0,3) \cdot 10^3$	4
5	$(4,18 \pm 1,3) \cdot 10^7$	$(1,03 \pm 0) \cdot 10^5$	$(5 \pm 0) \cdot 10^2$	$(5,1 \pm 0,9) \cdot 10^3$	$(1,4 \pm 0) \cdot 10^4$	4
<i>Октябрь 2023</i>						
1	$(1,9 \pm 0,9) \cdot 10^6$	$(8,3 \pm 0) \cdot 10^4$	$(4,1 \pm 0) \cdot 10^1$	$(1,3 \pm 0) \cdot 10^3$	0	4
2	$(4,9 \pm 0,7) \cdot 10^6$	-	0	0	0	1
3	$(4,4 \pm 0) \cdot 10^6$	$(3,3 \pm 0,9) \cdot 10^4$	$(1,8 \pm 0) \cdot 10^4$	$(3,01 \pm 0) \cdot 10^4$	$(2,9 \pm 0) \cdot 10^3$	4
4	$(6 \pm 0,9) \cdot 10^6$	$(1,3 \pm 0,06) \cdot 10^4$	0	$(2 \pm 0) \cdot 10^3$	0	4
5	$(1,7 \pm 0,1) \cdot 10^7$	$(4,02 \pm 2,8) \cdot 10^5$	0	$(4,97 \pm 0) \cdot 10^4$	0	4

Примечание: КГМ – колониеобразующие гетеротрофные микроорганизмы; БГКП – бактерии группы кишечной палочки; КОЕ - колониеобразующая единица; «-» данные отсутствуют; категории загрязнения почв: 1- чистая, 4 - чрезвычайно опасная.

Также во всех образцах почвы в разное время регистрировалось присутствие *E. coli*, что свидетельствует о фекальном загрязнении, попадающем в почву с испражнениями человека и животных, и может быть индикатором присутствия патогенных бактерий. В июле, из четырех образцов почв и в октябре из одного образца высевались энтерококки, являющиеся показателем свежего фекального загрязнения.

Более того, в мае в образцах почв игровых площадок трех детских садов № 184, №17 и № 67, а в июле и октябре в образцах всех почв (исключение: детский сад № 138, осенне опробование) был обнаружен рост патогенных энтеробактерий, являющихся прямым показателем эпидемиологической опасности. По внешнему виду выделенные бактерии соответствовали шигеллам - возбудителям болезней из группы шигеллезов. Их количество составило  $10^2$  –  $10^4$  КОЕ/г

Как показали результаты исследований, при весеннем опробовании к категории «чистая» был отнесен только один образец почвы (детский сад № 145, Луговая, 61), в октябре к чистым была отнесена почва детского сада №138 (Шошина, 7). Почвы остальных детских садов по разным критериям являлись чрезвычайно опасными.

Таким образом, почвы детских дошкольных учреждений г. Владивостока не соответствуют нормам СанПина и могут представлять опасность в эпидемиологическом отношении. В связи с этим, необходим регулярный контроль за санитарным состоянием территорий детских садов и усиление просветительской работы среди детей и их родителей, а также педагогических работников в области гигиены и санитарной охраны почв.

*Список литературы*

1. ГОСТ 17.4.4.02-2017 Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа (введен в действие приказом Росстандарта от 17.04.2018 № 202 ст.).
2. Сазонова О.В., Трухина Г.М., Сухачева И.Ф., Исакова О.Н., Сухачев П.А., Вистяк Л.Н., Торопова Н.М. Эколого-гигиенические особенности антропогенного загрязнения почвы территории промышленного города // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 7-1. – С. 150-156.
3. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы и грунтов // Постановление от 17 апреля 2003. №53 // Зарегистрировано в Минюстре РФ 5 мая 2003. № 4500. – 9 с.

---

Шестёра А.А.

**ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ГРУНТОВ РЕК П-ВА МУРАВЬЁВ-АМУРСКИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SCENEDESMUS QUADRICAUDA**

Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ

Научный руководитель – старший преподаватель А.Д. Пелех

Практически вся территория полуострова Муравьёв-Амурский занята Владивостокским городским округом, и наиболее плотно застроена его южная часть. В последние годы темпы строительства резко увеличились, оно идёт даже в водоохраных зонах городских рек, что отрицательно влияет на их экологическое состояние [3]. На сегодняшний день опубликовано множество исследований рек полуострова по различным показателям, однако работы с использованием метода биотестирования не велись. В отличие от физико-химических методов, биотестирование позволяет по состоянию тест-объектов оценить благоприятность среды для биоты и предсказать возможные изменения в экосистемах.

Донные отложения отбирались в апреле 2023 г. на 12 станциях, расположенных на реках Первая Речка, Вторая Речка, Объяснения, Черная речка, Седанка, Богатая. На каждой реке отбирали две пробы (первая в верховье, вторая в низовье).

Биотестирование с использованием микроводоросли *Scenedesmus quadricauda* проводилось в соответствии с ФР 1.39.2007.03223 [4]. Согласно данной методике, водные вытяжки из донных отложений признаются токсичными, если они стимулировали или ингибирировали рост сценедесмуса более чем на 30% по сравнению с контролем, и остро токсичными, если такое отклонение составляло более 50%.

*Таблица*

Результаты биотестирования проб донных отложений рек полуострова Муравьёв-Амурский с использованием *S. quadricauda*

№ станции	Название станции	Отклонение численности от контроля при экспозиции, %	
		72 ч	168 ч
1	р. Первая Речка (верховье)	-47,56	-44,13
2	р. Первая Речка (низовье)	10,98	-33,52
3	р. Объяснения (верховье)	-4,88	-34,08
4	р. Объяснения (низовье)	-50,00	<b>-53,63</b>
5	р. Вторая Речка (верховье)	-30,49	-36,31

6	р. Вторая Речка (низовье)	-37,80	<b>-62,01</b>
7	р. Седанка (верховье)	-3,12	<b>55,56</b>
8	р. Седанка (низовье)	3,13	<b>157,78</b>
9	р. Чёрная Речка (верховье)	-31,25	<b>88,89</b>
10	р. Чёрная Речка (низовье)	-12,50	37,78
11	р. Богатая (верховье)	-9,38	<b>63,33</b>
12	р. Богатая (низовье)	-34,38	<b>128,89</b>

**Примечание:** курсивом отмечено отклонение численности более 30% при хроническом эксперименте, полужирным шрифтом – отклонение численности более 50% при хроническом эксперименте.

По результатам серии экспериментов (таблица) видно, что при 72-часовой экспозиции отклонения численности клеток тест-организма от контроля для станций находятся в диапазоне от -50% до 11%. Больше всего замедляют рост численности *S. quadricauda* вытяжки из донных отложений со станций, расположенных в низовые реки Объяснения и верховье реки Первая Речка. При экспозиции 168 часов отклонение численности клеток микроводоросли от контроля варьирует от -62% до 158%. Максимальное ингибиование роста численности *S. quadricauda* оказывают донные отложения, отобранные в низовьях рек Объяснения и Вторая речка. Такие низкие значения свидетельствуют о хроническом загрязнении этих рек токсичными веществами. В исследовании Бортина Н.Н. и др. [1] присутствуют данные о поступлении в р. Объяснения различных сточных вод в больших количествах, а исследования Вшивковой Т.С. [2] неоднократно показывали, что нижняя часть Второй Речки судя по видовому составу бентоса находится в состоянии экологического кризиса.

При экспозиции 72 часа водные вытяжки из проб донных отложений не оказали симулирующее влияние на тест-объект, а при 168-часовой экспозиции наибольшую стимуляцию роста сценедесмуса вызвали пробы грунтов, отобранных в низовьях рек Седанка и Богатая, что косвенно свидетельствует о высоких концентрациях органических и биогенных веществ в данных участках водотоков. В публикации Вшивковой Т.С. и др. [3] отмечается что в низовьях этих рек зарегистрировано много экологических нарушений.

Важно отметить, что по результатам хронического эксперимента все исследуемые пробы можно признать токсичными, так как они вызывают отклонение численности тест-организма от контроля более 30%. В работе Вшивковой Т.С. и др. [3] отмечается, что все исследуемые реки подвержены сильному антропогенному влиянию. Грунты из верховьев рек Богатая, Чёрная Речка, Седанка и из низовьев рек Объяснения, Вторая Речка, Седанка, Богатая вовсе можно идентифицировать как остро токсичные, так как они привели к отклонению численности сценедесмуса от контроля более 50%.

Также из таблицы видно, что в длительном эксперименте донные отложения рек Первая Речка, Объяснения и Вторая Речка вызывают ингибицию роста тест-объекта, а рек Седанка, Чёрная Речка и Богатая – стимулирование. Это может быть вызвано тем, что реки пригородной зоны окружены частным сектором, его стоки привносят много органических веществ, а реки, расположенные ближе к центру, испытывают влияние более техногенного характера.

Таким образом, на основании биотестирования водных вытяжек из грунтов рек п-ва Муравьёв-Амурский с использованием микроводоросли *S. quadricauda* можно предположить, что донные отложения рек Седанка, Чёрна Речка и Богатая загрязнены органическими веществами в значительных концентрациях, а рек Первая речка, Вторая Речка и Объяснения – преимущественно токсичными веществами.

Благодарим Татьяну Сергеевну Вшивкову (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН) за отбор проб речных грунтов и информацию о станциях отбора.

*Список литературы*

1. Бортин Н.Н., Крапивенцев Н.В., Горчаков А.М., Белевцов А.А., Дьяченко К.Н. Река Объяснения как источник загрязнения бухты Золотой Рог // Чистая вода России. – 2017. – С. 205-211
2. Вшивкова Т.С. Водные беспозвоночные городской реки Вторая Речка (Владивосток, Приморский край) // Проблемы водной энтомологии России и сопредельных территорий. – 2021. – С. 216-235
3. Вшивкова Т.С. Никулина Т.В., Христофорова Н.К., Дроздов К.А., Шамов В.В., Жарикова Е.А., Клышевская С.В., Ковековдова Л.Т., Юрченко С.Г., Болдескул А.Г., Луценко Т.Н., Лупаков С.Ю., Бортин Н.Н., Горчаков А.М. Проблемы экологического состояния урбанизированных водотоков на территории Владивостокской городской агломерации // Чтения памяти В.Я. Леванидова. – 2023. – С. 55-66
4. ФР 1.39.2007.03223 Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей. – 2007. – 47 с.

---

Юнусова А.Д., Дроздовская О.А.

**МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
ГОРОДСКИХ ПЛЯЖЕЙ УССУРИЙСКОГО ЗАЛИВА**

Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент О.А. Дроздовская

Проблема загрязнения Мирового океана с каждым годом приобретает все большую актуальность. Особо остро она стоит для прибрежных акваторий, испытывающих наибольший антропогенный пресс. Большую тревогу вызывает загрязнение городских пляжей, так как рекреационное водопользование является важным фактором укрепления здоровья человека. В связи с этим необходим регулярный мониторинг экологического состояния водных акваторий, предназначенных для отдыха.

Методы микробной индикации позволяют определить присутствие в водной среде широкого спектра различных загрязняющих веществ: тяжелых металлов, нефтеуглеводородов, фенолов и др., поэтому проведение микробиологического мониторинга в экологически неблагополучных районах является перспективным для осуществления контроля и оценки состояния среды.

Цель данной работы – с помощью методов микробной индикации оценить экологическое состояние поверхностных вод пляжных зон Уссурийского залива.

Отбор проб проводили в начале июня, в августе и октябре 2023 года. Для исследования были выбраны 7 пляжей, находящихся в непосредственной близости к г. Владивостоку: 1,2 – пляжи б. Лазурная, 3 – б. Стеклянная, 4 – б. Горностай, 5 – б. Соболь, 6 – б. Патрокл.

Для оценки экологического состояния вод использовали следующий набор контролируемых эколого-трофических групп микроорганизмов: общее число гетеротрофных микроорганизмов, численность нефтеустойчивых и фенолрезистентных бактерий, а также количество бактерий группы кишечной палочки.

Результаты исследования показали, что общая численность гетеротрофных бактерий в зависимости от сезона изменялась от  $10^2$  до  $10^5$  КОЕ/мл, что соответствует водам олиго – мезосапробного типа. Наиболее высокие показатели регистрировались в летний период, что связано в

первую очередь с прогреваемостью вод и увеличением функциональной активности микроорганизмов (рисунок 1).

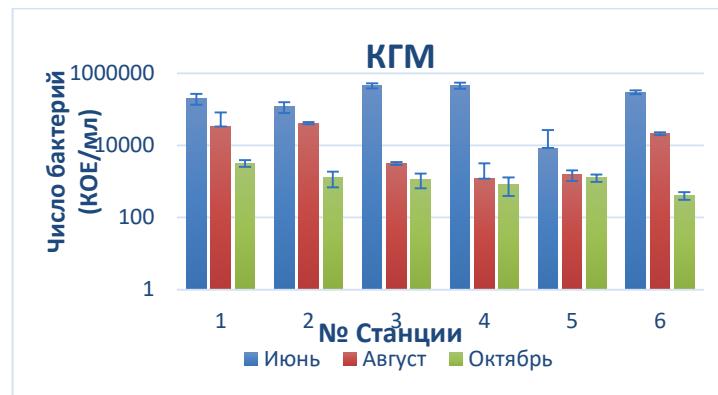


Рисунок 1 – Сезонная динамика общей численности гетеротрофных микроорганизмов в прибрежных водах пляжных зон Уссурийского залива

Численность микроорганизмов, устойчивых к нефти, в разные сезоны была распределена относительно равномерно и составляла на разных станциях от  $10^1$  до  $10^3$  КОЕ/ мл (рисунок 2 А). Согласно литературным данным, воды, в которых численность нефтедеструкторов не превышает  $10^4$  КОЕ/ мл, относятся к категории «малозагрязненные» [1,2].

На всем протяжении побережья залива также выделялись фенолрезистентные бактерии в количестве  $10^2$  –  $10^3$  КОЕ/ мл, что является показателем значительного фенольного загрязнения [1], причем существенных отличий летних микробных показателей от данных, полученных в октябре, не наблюдалось (рисунок 2 Б).

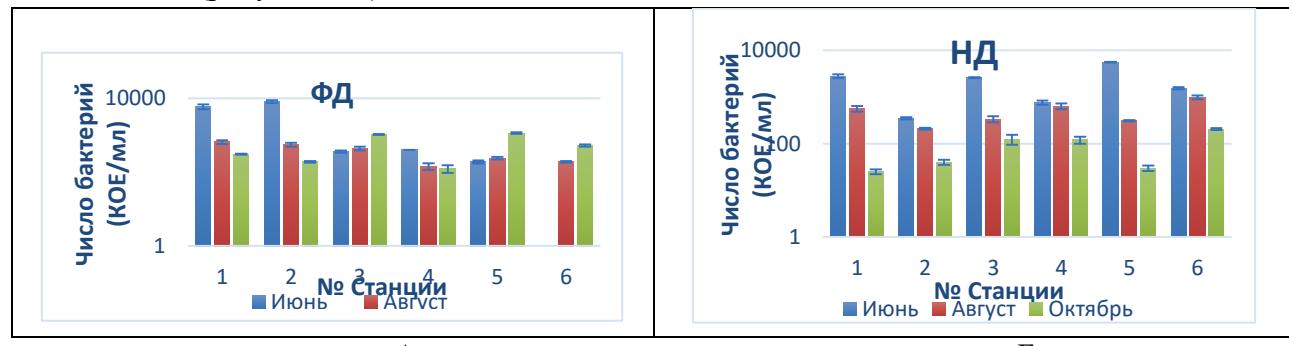
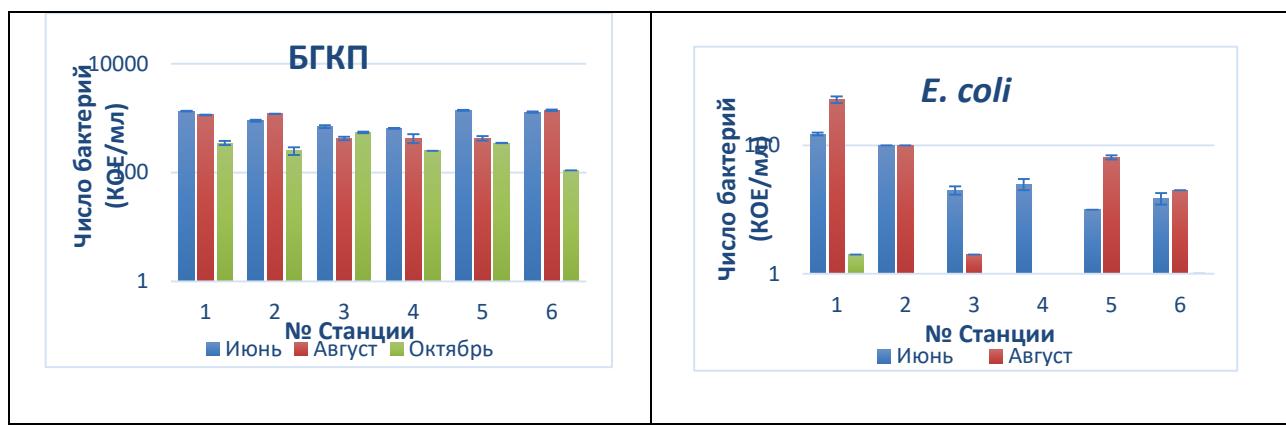


Рисунок 2 – Сезонная динамика микроорганизмов – индикаторов нефтяного загрязнения (А) и индикаторов фенольного загрязнения (Б) в прибрежных водах пляжных зон Уссурийского залива

И в летний период, и при осеннем опробировании на всех исследованных станциях выделялись бактерии группы кишечной палочки, являющиеся показателем биологического загрязнения. Осенние температуры (средняя температура воды составляла  $13,7$  °С) являются неблагоприятными для данной физиологической группы. Численность БГКП, превышающая  $10^2$  КОЕ/мл, свидетельствовала о том, что все пляжные зоны испытывают хроническое влияние хозяйственно- бытовых стоков. Более того, в воде б. Лазурная (пляж № 1) и б. Патрокл была обнаружена *E. coli*, присутствие которой является показателем фекального загрязнения (рисунок 3 А).

В летние месяцы, как в разгар пляжного сезона, так и в его начале *E. coli* выделялась на всех станциях (исключением была бухта Горностай, где *E. coli* регистрировалась только в июне). Численность кишечной палочки на разных станциях составляла  $10^1$  -  $10^2$  КОЕ/мл (рисунок 3 Б).



А

Б

Рисунок 3 – Сезонная динамика бактерий группы кишечной палочки (А) и *E. coli* (Б) в прибрежных водах пляжных зон Уссурийского залива

Таким образом, с помощью методов микробной индикации установлено, что пляжные зоны Уссурийского залива испытывают значительную антропогенную нагрузку, как техногенного, так и хозяйствственно-бытового характера и купание в таких водах может быть небезопасно для здоровья населения.

#### Список литературы

- Димитриева Г.Ю. Планктонные и эпифитные микроорганизмы: индикация и стабилизация состояния прибрежных морских экосистем. - Дисс. докт. биол. наук. Владивосток, 1999. – 408 с.
- Студеникина Е.И., Толоконникова Л.И., Воловик С.П. Микробиологическое сообщество в Азовском море и его роль в продукционных процессах. Изд-во Нацрыбресурсы, 2002. 170 с.

Яковенко Д.В., Дроздовская О.А.

#### МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР Г. ВЛАДИВОСТОКА

Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология» ИМО ДВФУ

Научный руководитель - к.б.н., доцент О.А. Дроздовская

Микрофлора поверхностных водоемов, в том числе озер, по своему таксономическому составу довольно разнообразна. Наряду с микроорганизмами, не представляющими опасность для человека, в воде могут встречаться патогенные микробы, вызывающие различные инфекционные заболевания. Так, озера, загрязненные ливневыми, талыми и сточными водами, а также продуктами биологического происхождения, служат фактором передачи таких кишечных инфекций как брюшной тиф, паратиф, дизентерия, холера, энтеровирусные инфекции и других.

Озера города Владивостока используются главным образом в культурно – оздоровительных и спортивных целях. Поэтому необходимо регулярно проводить санитарно-микробиологический контроль озер, чтобы вовремя исключить возможное инфекционное контаминацию. В связи с этим, целью работы было микробиологическое исследование санитарного состояния озер г. Владивостока.

Отбор проб воды проводили 9 октября 2023 г. В ходе работы были исследованы 4 озера. Расположение станций отбора проб приведено на карте-схеме (рисунок).

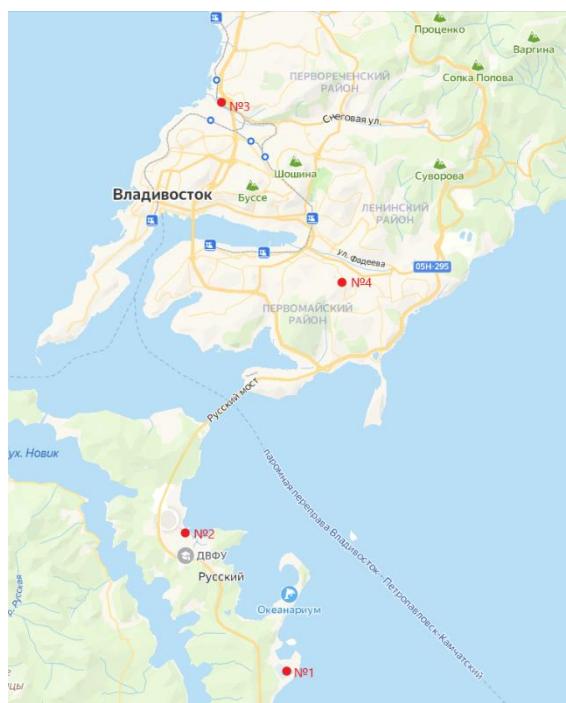


Рисунок - Карта-схема расположения станций отбора проб

Примечание: 1 – озеро Ахлестышева (о-в Русский); 2 – озеро на территории кампуса ДВФУ; 3 – озеро Чан; 4 – озеро в районе ул. Сафонова

Выделение и определение численности микроорганизмов проводили с помощью чашечного метода Кюха [1]. В работе использовались микробиологические среды: МПА (мясо-пептонный агар) – для определения общей численности гетеротрофных бактерий и среда Эндо – для выделения бактерий группы кишечной палочки. Статистическую обработку результатов микробиологических исследований выполняли на персональном компьютере с использованием пакета программ «MS Excel».

По принятым микробиологическим критериям показатели численности микроорганизмов до  $10^3$  кл/мл соответствуют чистым, богатым кислородом и бедным органическим веществом олигосапробным водам,  $10^3$  –  $10^5$  кл/мл – мезосапробным водам, обогащенным органическими соединениями, численность микроорганизмов  $10^6$  кл/мл и выше является показателем высокого загрязнения водоема и соответствует полисапробным водам.

Анализ общей численности гетеротрофов показал, что наиболее обсемененными микрофлорой были воды оз. Ахлестышева и оз. Чан. Общая численность микроорганизмов здесь превышала показатель  $10^3$  КОЕ/мл, что соответствует водам мезосапробного типа. Общая микробная численность в водах озер на ул. Сафонова и на кампусе ДВФУ была на порядок ниже и составила  $(4,5 \pm 0,7) \cdot 10^2$  КОЕ/мл и  $(3 \pm 0) \cdot 10^2$  КОЕ/мл соответственно (таблица). На момент исследования данные водоемы отнесены к олигосапробным.

Таблица

Численность микроорганизмов в озерах г. Владивостока (октябрь, 2023 г.)

№ ст.	Численность микроорганизмов, КОЕ/мл		
	КГМ	БГКП	<i>E.coli</i>
1	$(2,05 \pm 1,2) \cdot 10^3$	$(2,5 \pm 0,4) \cdot 10^2$	$(3,5 \pm 0,8) \cdot 10^1$
2	$(3 \pm 0) \cdot 10^2$	$(1 \pm 0) \cdot 10^1$	0
3	$(4,1 \pm 1,02) \cdot 10^3$	$(1,6 \pm 0,14) \cdot 10^2$	0
4	$(4,5 \pm 0,7) \cdot 10^2$	$(1 \pm 0) \cdot 10^2$	$(1 \pm 0) \cdot 10^2$

Примечание: КГМ – колониеобразующие гетеротрофные микроорганизмы; БГКП – бактерии группы кишечной палочки; КОЕ - колониеобразующая единица

Бактерии группы кишечной палочки попадают в природные водоемы в результате спуска хозяйственными – бытовых стоков. Для развития энтеробактерий, для которых естественными биотопами являются организм человека и теплокровных животных, вода не является благоприятной средой. Поэтому присутствие энтеробактерий в водоемах является показателем хронического биологического загрязнения.

Результаты микробиологических исследований показали, что воды всех озер обсеменены бактериями группы кишечной палочки, численность которых составляла  $10^1$  -  $10^2$  КОЕ/мл. Более того, в водах оз. Ахлестышева и озера на ул. Сафонова была обнаружена *Escherichia coli*, являющаяся показателем фекального загрязнения. *E. coli* относится к условно – патогенным микроорганизмам, однако ее наличие может служить сигналом возможного присутствия возбудителей заболеваний, имеющих с кишечной палочкой общий путь выделения в окружающую среду.

Таким образом, в результате исследований было выявлено, что озера г. Владивостока относятся к олиго – мезосапротрофному типу, однако хозяйственное использование данных водоемов может быть небезопасным в эпидемиологическом отношении. Поэтому для предотвращения возможного инфекционного заражения необходим регулярный санитарно- микробиологический контроль городских озер.

#### *Список литературы*

1. Руководство к практическим занятиям по микробиологии: Практ. пособие / гл. ред. Н. С. Егорова. М.: Изд-во МГУ, 1983. - 215 с.

## Раздел XIX МОЙ ПЕРВЫЙ ШАГ В НАУКУ

---

### Бебко А.А.<sup>1</sup>, Чуприна А.С.<sup>2</sup>, Холопова А.И.<sup>2</sup>, Мармаза П.А.<sup>3</sup>, Балыбина В.А.<sup>4</sup>, Драньков А.Н.<sup>4</sup> **СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МАГНИТНЫХ НЕФТЕСОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ СИЛИКАТА КАЛЬЦИЯ**

<sup>1</sup>МБОУ ЦО Ступени (г. Владивосток)

<sup>2</sup>МБОУ ЦО Вектор (г. Владивосток)

<sup>3</sup>Департамент химии и материалов ИНТИПМ ДВФУ

<sup>4</sup> Департамент ядерных технологий ИНТИПМ ДВФУ

Научный руководитель – к.х.н., доцент Драньков А.Н.<sup>4</sup>

На сегодняшний день нефтяные загрязнения способствует образованию гигантских нефтяных пятен в результате аварий, попадания больших объёмов стоков нефтяных предприятий в грунтовые, поверхностные воды, что в свою очередь приводит к опаснейшим экологическим катастрофам. Поэтому целью настоящего исследования является синтез гидрофобного сорбционного материала на основе силиката кальция и магнетита для предотвращения распространения и эффективного сбора нефтепродуктов из водных сред.

Синтез магнитного силиката кальция проводили медленным добавлением 100 мл смеси 0.1 М раствора силиката натрия и 100 мл воды к 0.1 М раствору хлорида кальция и диспергированному в нем магнетиту при интенсивном перемешивании и кипячении в течение 60 минут. По окончании синтеза сформировавшийся осадок промывали дистиллированной водой и сушили до постоянного веса при 80 °C в сушильном шкафу.

Далее следовала гидрофобизация сорбента полиэтиленом: в плоскодонную колбу объёмом 250 мл с обратным холодильником помещали 0,6 г волокон полиэтилена и добавляли 100 мл толуола при интенсивном перемешивании и нагреве до 120 °C на магнитной мешалке до полного растворения компонентов с образованием гомогенной смеси. Затем в полученный раствор вносили 3 г магнитного силиката кальция (фракцией 0.2-0.3 мм) и перемешивали на магнитной мешалке в течение 60 минут. В ходе постепенного остывания гетерогенного раствора происходил процесс агломерации, где молекулы полиэтилена затвердевая (процесс кристаллизации), скрепляли между собой твёрдые частицы. Полученный композит отфильтровывали и сушили в течение 24 часов при комнатной температуре в сушильном шкафу в атмосфере воздуха [1].

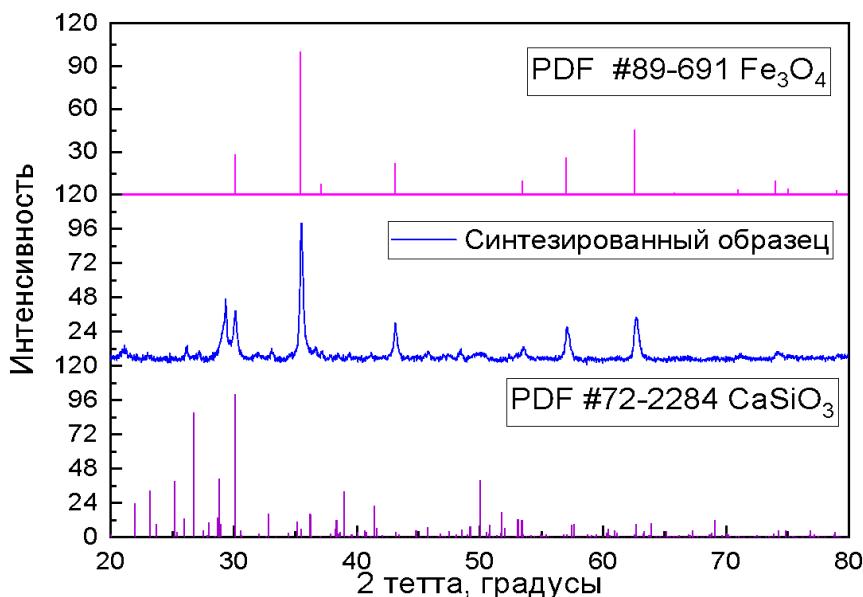


Рисунок 1 – Рентгенограмма гидрофобного сорбента на основе силиката кальция и магнетита

На рисунке 1 представлена дифрактограмма полученного образца. Согласно данным рентгенофазового анализа полученный сорбент обладает выраженными пиками Брэгговской дифракции характерными как для магнетита (PDF #89-691), так и для силиката кальция (PDF #72-2284).

Степень гидрофобности полученного в ходе работы силикатного сорбента оценивали по измерению краевого угла смачивания, который определяли методом сидящей капли. Для этого каплю воды помещали на горизонтальную поверхность исследуемого материала, фотографировали и по профилю капли рассчитывали краевой угол  $\theta$ .



Рисунок 2 – Краевой угол смачивания силикатного сорбента водой

На рисунке 2 видно, что краевой угол смачивания исследуемого сорбента водой составляет  $132^\circ$ , что классифицирует его как гидрофобный.

Определение адсорбционной емкости (нефтеемкости) полученного силикатного сорбента определяли по соотношению массы впитавшейся нефти к массе сорбента. В таблице 1 представлены полученные значения адсорбционной емкости синтезированного сорбента.

Таблица 1

Адсорбционная емкость синтезированного силикатного сорбента

Образец	Адсорбционная ёмкость, г/г	
	НП ГСО	НП «Витязь»
$\text{CaSiO}_3 - \text{Fe}_3\text{O}_4\text{-PE}$	3,12	3,09

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что получены материал обладает высокими показателями нефтеемкости. Такого рода гидрофобный сорбент способен будет упростить работу при ликвидации внезапных разливов нефтепродуктов в ходе эксплуатации объектов нефтегазовой промышленности в пределах морских акваторий. Это, в первую очередь, актуально для Дальнего Востока, в виду того, что все нефтегазодобывающие объекты расположены в непосредственной близи и в пределах морских акваторий, что представляет опасность при возможном неконтролируемом выбросе нефти.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект 23-73-01160).*

#### *Список литературы*

1. Драньков, А.Н. композитные сорбционные материалы на основе смешанных ферроцианидов K-Ni И K-Zn для извлечения цезия из морской воды / А.Н. Драньков и др. // Журнал неорганической химии. – 2022. – Т. 67, №9. – С. 1339-1349

---

Дорожинский Л.А.<sup>1</sup>, Воробьёв Д.А.<sup>2</sup>, Савченко В.С.<sup>2</sup>

### **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГИБРИДНЫХ ГАЛОГЕНИДНЫХ ПЕРОВСКИТОВ НА ОСНОВЕ ГАЛОГЕНИДОВ СВИНЦА И $\alpha,\varepsilon$ -ГЕКСАМЕТИЛЕНДИАМИНА, ПОЛУЧЕННЫЕ В РАЗНЫХ РАСТВОРИТЕЛЯХ**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО ТГМУ Минздрава России

<sup>2</sup>МБОУ «Гимназия №1 г. Владивостока»

<sup>3</sup>Департамент химии и материалов ИНТПМ ДВФУ

<sup>3</sup>Научный руководитель – бакалавр, лаборант-исследователь В.Л. Растиоргуев

<sup>3</sup>Научный руководитель – к.х.н., доцент В.В. Грибова

Перовскитные солнечные элементы (PSC), получаемые путем осаждения раствора органо-неорганических галогенидов, недавно пережили бурный рост применения за счет достижения КПД преобразования энергии (PCE) выше 25%, тем самымбросив вызов широко известным кремниевым солнечным элементам [1].

Галогенидные перовскиты – это материалы с общей формулой ABX, где «A» соответствует таким моновалентным катионам, как органический метиламмоний ( $\text{CH}_3\text{NH}_2$ , MA) и формамидиний ( $\text{CH}(\text{NH}_2)_2$ , FA) или такому неорганическому катиону, как цезий (Cs) и рубидий (Rb). «B» представляет тяжелый двухвалентный металл, такой как свинец (Pb) или олово (Sn), а «X» – анион галогена (т.е. Cl, Br, I). В этой структуре X занимает вершины в октаэдре  $[\text{BX}]^-$ , который имеют общие углы во всех трех ортогональных направлениях, образуя бесконечные трехмерные каркасы  $[\text{BX}]^-$ . Двухвалентные B<sup>2+</sup> размещаются в центрах этих октаэдров. Наименьший объем, ограниченный соседними октаэдрами, определяет кубооктаэдрическую полость и вмещает в себя моновалентный катион A<sup>+</sup>. Различные возможные структуры перовскита можно рассматривать как структуры, полученные путем вращения или искажения октаэдров BX, смещения катионов металла B<sup>2+</sup> от центра и вращения катионов A<sup>+</sup> внутри кубооктаэдрической полости. Перовскиту с определенным химическим составом обычно соответствует более одной структуры, в зависимости от температуры и методов изготовления [2].

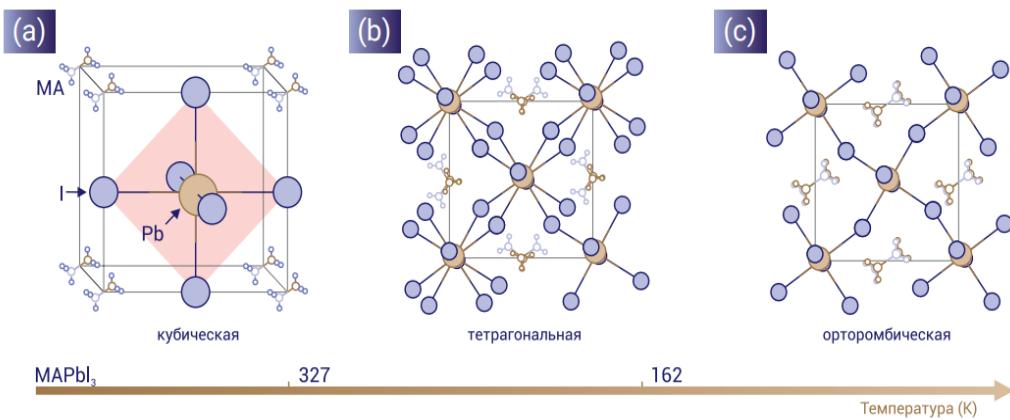


Рисунок 1 – Кристаллические структуры трех различных фаз  $\text{MAPbI}_3$  [2]  
 (а) – кубическая; (б) – тетрагональная; (с) – орторомбическая фазы;

И для того, чтобы установить структуру получившихся веществ и затем идентифицировать продукт, а также предварительно понять его свойства, необходимо прибегать к методам физико-химического анализа, чему и посвящена данная работа.

#### *Список литературы*

- Насируддин М., Василопулу М. Перовскитные солнечные элементы / Насируддин М., Василопулу М. // Глобальная энергия. – 2023 – Том 29, № 1. – С. 21–51
- Ложкина, О.А. Синтез и оптические свойства монокристаллов галогенидных перовскитов и гетероструктур на их основе: специальность 1.3.8. «Физика конденсированного состояния» / Ложкина О.А. – Санкт-Петербургский Государственный Университет. — СПб, 2023. — 85 с.

Ефимова А. В.<sup>1</sup>

## ПРИЁМЫ БЫСТРОГО СЧЁТА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ВЫЧИСЛЕНИЙ СРЕДИ ДЕТЕЙ В МАОУ «ГИМНАЗИЯ №1» НГО

<sup>1</sup> 10 класс, МАОУ «Гимназия №1» НГО

<sup>1</sup>Научный руководитель – Н. Н. Ким, учитель математики МАОУ «Гимназия №1» НГО,

Цель: изучить техники быстрого счета и определить, как они влияют на вычисления.

На ЕГЭ каждая секунда на счету, и поэтому нужно уметь экономить свое время. Один из способов экономии драгоценного времени – быстрый счёт, который в разы экономит ресурсы и время. Поэтому я решила найти такие способы быстрого счёта, которые бы не только упрощали счет, но и ускоряли его.

Рассмотрим некоторые из них.

#### Чудесный метод быстрого счёта

- Находим референтное число (число, которое находится близко к множителям и на которое легко умножать).
- Находим разность между исходными числами и референтным числом (с учетом знака).
- Прибавляем к одному из множителей разницу другого множителя.
- Умножаем полученное число на референтное.
- Перемножаем разности, которые находили в п. 2.
- Складываем числа из п. 4 и п. 5, получаем ответ. [1]

Пример:  $105 \cdot 112$  (референтное число 100)

$$105 - 100 = 5 \text{ и } 112 - 100 = 12$$

$$12 + 105 = 112 + 5 = 117$$

$$117 \cdot 100 = 11700$$

$$5 \cdot 12 = 60$$

$$11700 + 60 = 11760 \quad 105 \cdot 112 = 11760$$

### Правило Феррари

Правило подходит только для чисел с одинаковым числом десятков и с суммой единиц равной 10.

1. Умножаем число десятков на число большее числа десятков на единицу (первые 2 цифры ответа)
2. Перемножаем числа единиц (вторые 2 цифры ответа)
3. Записываем ответ в порядке, указанном в пунктах 1 и 2. [1]

Пример:  $38 \cdot 32$

$$3 \cdot (3+1) = 12$$

$$8 \cdot 2 = 16 \quad 38 \cdot 32 = 1216$$

### Возведение в квадрат

1. Возводим в квадрат число десятков и умножаем на 100.
2. Перемножаем оба составляющих числа и умножаем на 20.
3. Возводим в квадрат число единиц.
4. Складываем числа и получаем ответ.

Пример:  $13^2$

$$3^2 = 9$$

$$1 \cdot 3 \cdot 20 = 60$$

$$1^2 \cdot 100 = 100 \quad \text{Ответ: } 169$$

### Извлечение квадратного корня

1. Разбиваем числа на пары, начиная с разряда единиц.
2. Извлекаем с недостатком квадратный корень из первой пары и записываем его в ответ.
3. Из этой пары вычитаем квадрат числа, записанные в ответ. Сносим две следующие цифры.
4. Слева записываем число в ответе, умноженное на п. 2.
5. Приписываем к этому числу \* и умножаем его на \* так, что получается максимальное число, не превосходящее число из п. 3.
6. Записываем в ответ подобранный цифру, а произведение вычитаем из числа полученного в п. 3. Разность записываем, как в делении в столбик.
7. Сносим следующие две цифры и повторяем действия с п. 4, пока в остатке не останется 0 или больше не останется двоек, чтобы их сносить.

### Урок и выводы

Первый тест был проведен перед уроком среди 26 учащихся 10 «Б» класса МАОУ «Гимназии №1» НГО, и он показал:

- За пять минут в среднем ученики смогли ответить правильно на 4 вопроса из 8.
- Около 31% ответили правильно на примеры с умножением.
- Около 10% ответили правильно на примеры выноса из-под знака квадратного корня.
- Около 12% ответили правильно в примерах на возведение в квадрат.

Первый тест показал, что в среднем ученики ответили на 4 вопросы из 8. Хуже всего отвечали на вопросы на признаки делимости и на квадратный корень числа

Второй тест проводился в той же аудитории с тем же количеством людей, но до этого я провела урок, в котором рассказала о новых способах быстрого счета. И вот что он показал:

- За пять минут в среднем ученики смогли ответить правильно на 7,2 вопроса из 8.
- Около 96% ответили правильно на примеры с умножением.
- Около 81% справились с примерами на вынос из-под знака квадратного корня.
- Около 84% правильно ответили на пример, связанный с возведением в квадрат.

Второй тест показал, что в среднем ученики ответили на 7,2 вопроса из 8. Что указывает на работу способов быстрого счета.

Без сомнения, одного урока мало, чтобы освоить до конца техники, ускоряющие счет. Но результаты, которые показал урок, превзошли все ожидания. Дети не только справились быстрее, но и правильнее. Что говорит нам о том, что пользоваться такими ускорениями счёта можно, и это будет очень полезно. Но за один урок усвоить все техники не получится и нужно тренироваться.

#### *Список литературы*

1. Ингве Фогт. Математические трюки для быстрого счета./Ингве Фогт - Альпина Диджитал, 2018 г. – 103 с.

---

Старова З.Д.<sup>1</sup>, Лазуренко Е.К.<sup>1</sup>, Колесников М.И.<sup>2</sup>

#### **СИНТЕЗ ПЕРОВСКИТОВ В СРЕДЕ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ ГАЛОГЕНВОДОРОДНЫХ КИСЛОТ**

<sup>1</sup>МБОУ «Гимназия №2 г. Владивостока»

<sup>2</sup>МБОУ «Гимназия №1 г. Владивостока»

<sup>3</sup>Департамент химии и материалов ИНТПМ ДВФУ

<sup>3</sup>Научный руководитель – бакалавр, лаборант-исследователь В.Л. Растворгусев

<sup>3</sup>Научный руководитель – к.х.н., доцент В.В. Грибова

С развитием технологий растут и потребности людей, однажды наступит момент, когда имеющиеся материалы не смогут удовлетворить запрос развивающегося общества, что мы сейчас и начинаем наблюдать на примере полупроводниковых устройств на основе кремния, которые уже достигли своих физических пределов. Поэтому как никогда актуален вопрос поиска и разработки новых, более совершенных материалов.

Гибридные галогенидные перовскиты за счёт уникальной комбинации органической и неорганической составляющих обладают структурой и свойствами, характерными кристаллам титаната кальция – исконного перовскита, - благодаря чему появилась возможность создать материалы с уникальными оптическими свойствами, которые не имеют недостатков классических полупроводников: перегревание, предел быстродействия и миниатюризации [1].

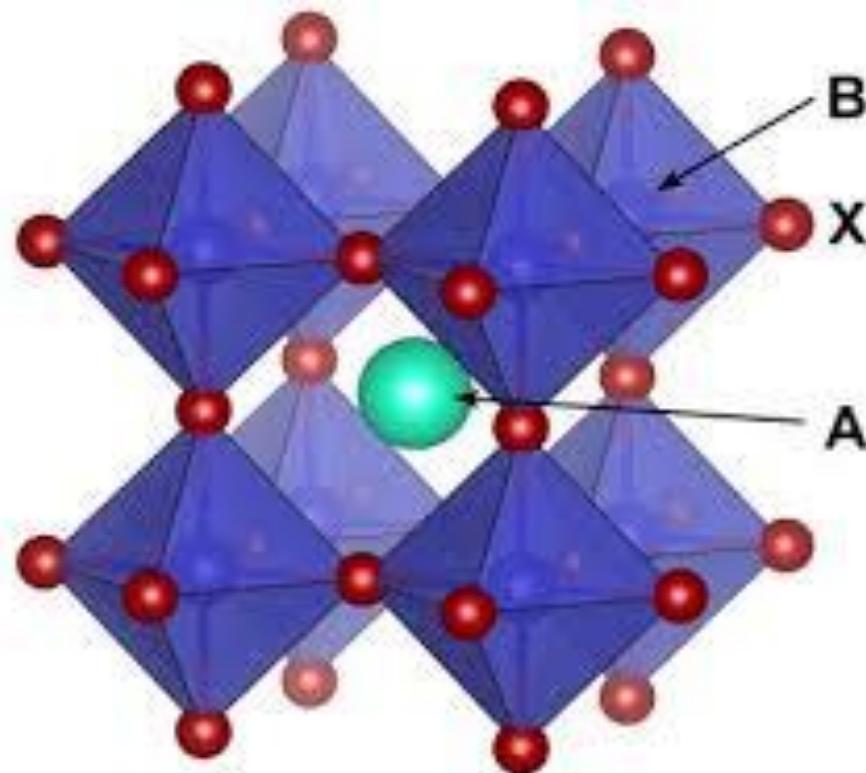


Рисунок 18 – Кристаллическая структура перовскита [2]

А и В – крупный и малоразмерный катионы, Х – анион кислорода, серы или галогена

В данной работе были проведены исследования методик синтеза перовскитов из концентрированных растворов соответствующих галогенводородных кислот.

Полученная серия образцов на основе галогенидных солей свинца и  $\alpha,\epsilon$ -гексаметилендиамина была исследована физико-химическими методами анализа: ИК-спектроскопия, РФА, EDS, люминесценция при температуре жидкого азота. По результатам образцы показали схожесть по структуре и составу с целевыми гибридными галогенидными перовскитами, но не удовлетворили требуемым свойствам: не возможность вырастить кристалл, трудность контроля состава галогенид-ионов в целевом веществе, крайне низкий выход люминесценции. Исследования и более глубокий анализ литературы показали, что полученные вещества соответствуют слоистым перовскитоподобным соединениям [3].

#### Список литературы

1. Polaron-Enhanced Polariton Nonlinearity in Lead Halide Perovskites / M. A. Masharin, V. A. Shahnazaryan, F. A. Benimetskiy [et al.]. – DOI 10.1021/acs.nanolett.2c03524 // Nano Lett. – 2022. – Vol. 22, Art. 22. – P. 9092-9099.
2. Chalcogenide perovskites – an emerging class of ionic semiconductors / S. Perera, H. Haolei, Z. Chuan [et al.]. – DOI 10.1016/j.nanoen.2016.02.020 // Chalcogenide perovskites - an emerging class of ionic semiconductors // Nano Energy. – 2016. – Vol. 22. – P. 129–135.
3. Удалова, Н.Н. Химическая и фотохимическая деградация гибридных галогеноплюмбатных перовскитов: Специальность 02.00.21 – химия твердого тела: диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук / Н.Н. Удалова. – Москва, 2021. – 217 с.

Иванов А.С.<sup>1</sup>, Фентисова Д.М.<sup>2</sup>, Каменев А.О.<sup>3</sup>, Малинченко А.А.<sup>3</sup>

## ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ОПТИЧЕСКОГО СЕНСОРА НА ОСНОВЕ ОДНОМЕРНЫХ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

<sup>1</sup>МБОУ СОШ №74, г. Владивосток

<sup>2</sup> МБОУ Гимназия №1, г. Владивосток

<sup>3</sup>Департамент общей и экспериментальной физики ИНТИПМ ДВФУ

<sup>4</sup> Политехнический институт ДВФУ

<sup>4</sup>Научный руководитель – аспирант ДВФУ, старший преподаватель Ефимов И.М.

С развитием оптики и фотоники в науке и промышленности стали активно исследоваться и применяться оптические сенсоры. Такой сенсор является устройством, использующим оптические свойства объекта исследования для измерения различных параметров. Одним из перспективных примеров оптических датчиков является сенсор на основе одномерных (1D) фотонных кристаллов (ФК) с дефектным слоем (ДС) в структуре [1, 2]. ФК являются оптическими средами, которые имеют периодическое или квазипериодическое изменение показателя преломления вдоль одного (1D), двух (2D) или трёх (3D) пространственных направлений. Главной особенностью ФК является наличие в их спектре пропускания так называемых фотонных запрещённых зон (ФЗЗ) – диапазонов длин волн, на которых свет не может распространяться через ФК. Наличие в структуре ДС приводит к нарушению её периодичности и появлению узкой полосы пропускания внутри ФЗЗ, которая называется дефектной модой (ДМ). При изменении показателя преломления ДС на величину  $d\lambda$  происходит смещение ДМ на  $d\lambda$ , на этом и основан принцип действия таких датчиков. Чувствительность оптического датчика рассчитывается по формуле:

$$S = \frac{1}{\lambda_0} \frac{d\lambda}{dn}, \quad (1)$$

где  $\lambda_0$  – рабочая длина волны света.

**Актуальность** данной работы обусловлена тем, что оптические датчики сейчас являются очень перспективными устройствами для широкого спектра применений, в том числе их можно использовать как: датчики газовых веществ, датчики жидкости, датчики температуры, биохимические датчики. Эффективность датчика зависит от его максимальной чувствительности, которая, в свою очередь, зависит от структуры ФК.

**Целью** работы является численное компьютерное моделирование различных структур сенсоров на основе ФК с ДС, их оптимизация и выбор наилучшей структуры для получения сенсора с наибольшей чувствительностью.

Численное моделирование структур ФК и спектров отражения света, прошедшего сквозь них, осуществлялось с использованием среды программирования *Wolfram Mathematica*. Для расчёта спектров отражения света использовался метод трансфер-матрицы [3]. С помощью этого метода были смоделированы шесть типов структур, представленные в *Таблице*. Для всех структур использовались следующие общие параметры структуры: число элементарных ячеек справа и слева от ДС одинаково и равно  $N = 8$  (кроме структуры 3, где  $N = 9$ ) период  $L = d_1 + d_2 = 200$  нм. Рассматривалось нормальное падение света на ФК. Также была проведена максимизация ширины 1-ой ФЗЗ для всех структур для более объективного сравнения. Из *Таблицы* видно, что наибольшей чувствительностью обладает структура под номером 6. Её схематическая модель и смещение ДМ внутри 1-ой ФЗЗ при изменении показателя преломления ДС показаны на рисунке 1а и рисунке 1б, соответственно.

Сравнение различных типов структур ФК

Тип структуры	Толщина дефектного слоя $d_d$ , нм	Чувствительность, $S$
1. $(TiO_2/SiO_2)^N DC (SiO_2/TiO_2)^N$	222	0.161497
2. $(SiO_2/TiO_2)^N DC (TiO_2/SiO_2)^N$	220	0.206033
3. $(SiO_2/Si)^N SiO_2 DC SiO_2(Si/SiO_2)^N$	250	0.239992
4. $(Si/SiO_2)^N DC (Si/SiO_2)^N$	150	0.198959
5. $(Si/SiO_2)^N DC (SiO_2/Si)^N$	150	0.267307
6. $(SiO_2/Si)^N DC (Si/SiO_2)^N$	170	0.305857

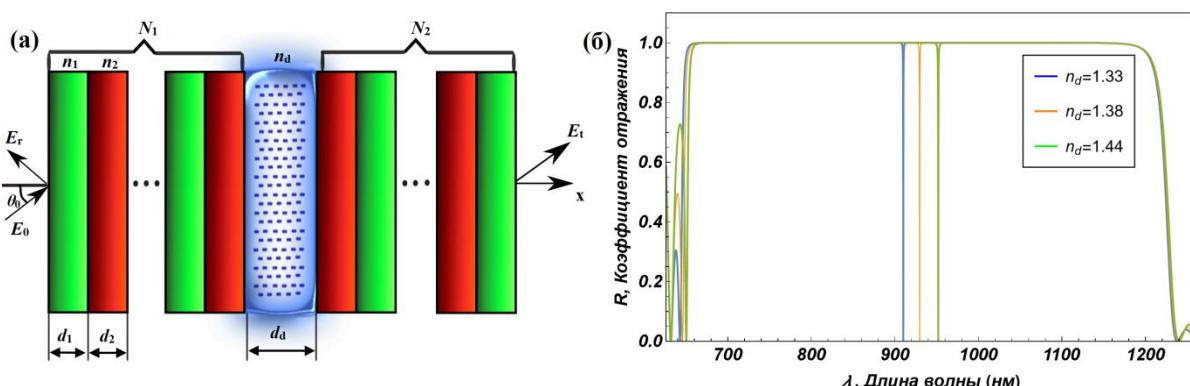


Рисунок 1 – Наиболее перспективная структура датчика на основе 1D ФК с ДС

(а) и спектр отражения света, прошедшего сквозь такую структуру,  
при разных значениях показателя преломления ДС (б)

$N_1$  – число элементарных ячеек слева от ДС

$N_2$  – число элементарных ячеек справа от ДС

$n_{1,2}$  – показатели преломления первого и второго слоёв ФК

$d_{1,2}$  – толщина первого и второго слоёв ФК

$n_d$  – показатель преломления ДС ФК

$d_d$  – толщина ДС ФК

$\theta_0$  – угол падения света на ФК

$E_0, E_r, E_t$  – падающая, отражённая и прошедшая волна, соответственно

**Вывод** из работы: как видно из расчётов, наибольшая чувствительность датчика на основе 1D ФК с ДС достигается при одновременном выполнении нескольких условий: зеркальной симметрии в структуре, окружении ДС слоями с более высоким показателем преломления и при большом различии между показателями преломления слоёв ФК.

#### Список литературы

- Shen H. One-dimensional photonic crystals: Fabrication, responsiveness and emerging applications in 3D construction / H. Shen, Z. Wang, Y. Wu, B. Yang // RSC Adv. – 2016. – V. 6. – P. 4505-4520.
- Nunes P.S. Refractive Index Sensor Based on a 1D Photonic Crystal in a Microfluidic Channel / P.S. Nunes, N.A. Mortensen, J.P. Kutter, K.B. Mogensen // Sensors. – 2010. – V. 10. – P. 2348-2358.
- Yariv A., Yeh P. Optical Waves in Crystals / New York: Wiley, 1984, 540 p.

Логвинчук Ю.П.<sup>1</sup>, Син И.Д.<sup>2</sup>, Каменев А.О.<sup>3</sup>, Малинченко А.А.<sup>3</sup>

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ ОДНОМЕРНЫХ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ ДЛЯ АНАЛИЗА СМЕСЕЙ ВОДА-МЕТАНОЛ И ЭТАНОЛ-МЕТАНОЛ

<sup>1</sup>МБОУ СОШ №74, г. Владивосток

<sup>2</sup> МБОУ Гимназия №1, г. Владивосток

<sup>3</sup>Департамент общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ

<sup>4</sup> Политехнический институт ДВФУ

<sup>4</sup>Научный руководитель – аспирант ДВФУ, старший преподаватель Ефимов И.М.

Важным этапом любого производства является контроль качества готовой продукции. Сейчас существует множество методик для определения концентраций веществ в растворах и смесях, получаемых в ходе промышленного синтеза. Однако существенным недостатком является точность и время, затраченное на проведение таких измерений. По этой причине последние два десятилетия объектом для изучения в сфере автоматизации промышленных задач являются одномерные (1D) фотонные кристаллы (ФК) с дефектным слоем (ДС). Отличительной особенностью ФК является наличие в их спектре поглощения диапазона длин волн, называемого фотонной запрещенной зоной (ФЗЗ), в котором электромагнитная волна не может проходить через ФК [1]. Наличие ДС вызывает нарушение периодичности, вследствие чего внутри ФЗЗ спектра пропускания могут наблюдаться узкие полосы отражения, называемые дефектными модами (ДМ).

Для измерения концентраций на промышленных производствах можно использовать датчик на основе 1D ФК с ДС. В этом случае при изменении показателя преломления ДС на величину  $d\eta$  происходит смещение ДМ на  $d\lambda$ , на этом и основан принцип действия таких датчиков. Чувствительность оптического сенсора рассчитывается по формуле:

$$S = \frac{1}{\lambda_0} \frac{d\lambda}{d\eta}, \quad (1)$$

где  $\lambda_0$  – рабочая длина волны света.

**Актуальность** данной работы обусловлена тем, что оптические сенсоры могут ускорить многие этапы производства. При этом датчик будет обладать эффективностью, которая превосходит аналитические методы.

**Целью** работы является численное моделирование структуры сенсора на основе 1D ФК с ДС для анализа смесей вода-метанол и этанол-метанол.

**Объектом исследования** является датчик, способный измерять концентрации вредного вещества (загрязнителя) в целевом продукте. В данной работе мы рассмотрим два случая: раствор вода-метанол и раствор этанола с примесью метанола. Метанол – опасный для человека яд, который имеет запах этилового спирта. В питьевую воду метанол попадает из сточных вод, поэтому мы предлагаем наш датчик для обнаружения метанола в сточной и питьевой воде. Также мы предлагаем датчик для определения метанола в этаноле для производств этилового спирта с целью быстрого и точного определения возможных примесей метанола для контроля качества продукции.

Численное моделирование структур ФК и спектров отражения света, прошедшего сквозь них, осуществлялось с использованием среды программирования *Wolfram Mathematica*. Для расчёта спектров отражения света использовался метод трансфер-матрицы [2]. Для обеих моделей датчика использовалась структура ФК следующего типа:  $(SiO_2/Si)^N|DC|(Si/SiO_2)^N$ , и оптимизированные параметры, при которых чувствительность датчика максимальна: число элементарных ячеек справа и

слева от ДС одинаково и равно  $N = 4$ , период структуры ФК  $\Lambda = d_1 + d_2 = 0,2 \mu\text{m}$ , толщины слоёв ФК  $d_1 = 0,14 \mu\text{m}$ ,  $d_2 = 0,06 \mu\text{m}$ , толщина ДС  $d_d = 0,38 \mu\text{m}$ . Рассматривалось нормальное падение света на ФК. Также была проведена максимизация ширины 1-ой ФЗЗ для обоих датчиков для более объективного сравнения. Для расчёта показателей преломления растворов применялся метод аппроксимации эффективной среды Максвелла-Гарнетта (АМГ). В качестве показателей преломления слоёв ФК и исследуемых веществ использовалась база данных сайта [3].

На рисунке 1 показаны изменения положения ДМ внутри 1-ой ФЗЗ при изменении концентрации загрязнителя (метанола) в растворе воды (а) и в растворе этанола (б). На рисунке 2 показана линейная зависимость длины волны ДМ от концентрации загрязнителя для смеси вода-метанол (а) и этанол-метанол (б).

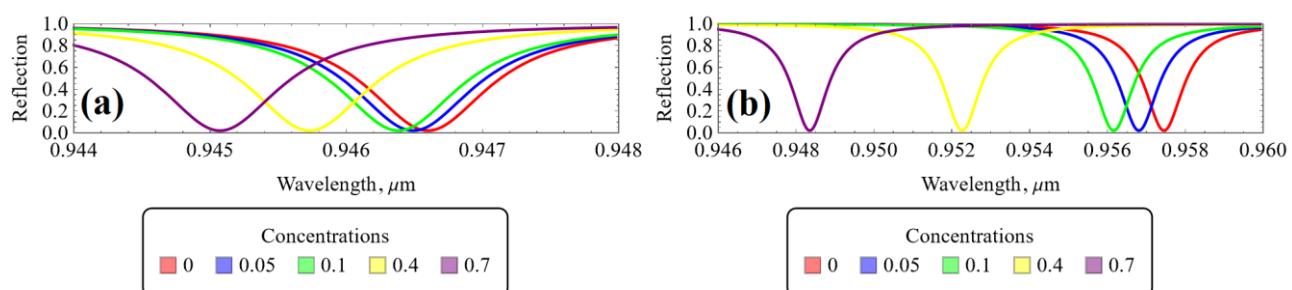


Рисунок 1 – Изменения положения ДМ внутри 1-ой ФЗЗ при изменении концентрации метанола в растворе воды (а) и в растворе этанола (б)

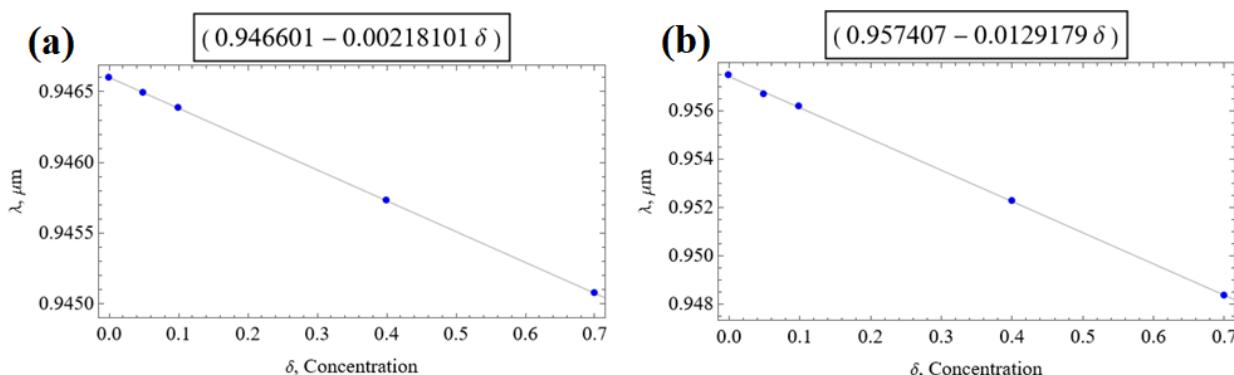


Рисунок 2 – Зависимость длины волны ДМ от концентрации загрязнителя для смеси вода-метанол (а) и этанол-метанол (б)

**Вывод** из работы: из рисунков 1 и 2 видно, что для выбранных параметров датчика его эффективность (чувствительность) для определения концентрации метанола в этаноле выше, чем его эффективность для раствора вода-метанол. Это связано с большим оптическим контрастом компонентов смеси этанол-метанол, чем у смеси вода-метанол.

#### Список литературы

1. Shen H. One-dimensional photonic crystals: Fabrication, responsiveness and emerging applications in 3D construction / H. Shen, Z. Wang, Y. Wu, B. Yang // RSC Adv. – 2016. – V. 6. – P. 4505-4520.
2. Yariv A., Yeh P. Optical Waves in Crystals / New York: Wiley, 1984, 540 p.
3. M. N. Polyanskiy. Refractiveindex.info database of optical constants // Sci. Data. – 2024. – V. 11. – №. 94.

Морозова С.С. Труханенко А.В.

## ТОКСИЧНОСТЬ АКРИЛАМИДА, ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ В РЕАКЦИИ МАЙЯРА

ФГАОУ ВО ДВФУ Гимназия ДВФУ

Научные руководители- Горшкова О.В., Труханенко А.В.

### Актуальность

В настоящее время большинство людей не уделяет должного внимания своему здоровью и при составлении рациона питания отдаёт предпочтение жирной, жареной или запеченной еде. Многие из этих блюд, конечно, являются очень вкусными. Их привлекательные, хрустящие корочки- результат реакции Майяра, которая, к сожалению, не только придает блюдам аппетитный вид, но и участвует в образовании токсичного соединения- акриламида. Большинство людей даже не задумывается о том, что вместе с привычными продуктами питания они потребляют это токсичное соединение. Именно поэтому я считаю данную тему особенно актуальной. Необходимо, чтобы как можно больше людей узнали о том, сколько вредных веществ они потребляют каждый день, и пересмотрели свой рацион питания и способ приготовления пищи!

**Цель:** изучить кинетику реакции Майяра и процесс образования акриламида в ней

### Задачи:

- Изучить кинетику реакции Майяра
- Изучить процесс образования акриламида
- Изучить токсичность акриламида и его воздействие на организм
- Предложить практические пути решения данной проблемы

**Проблема:** негативное воздействие образующегося в реакции акриламида на организм человека

С реакцией Майяра знаком каждый, кто жарил мясо, пек хлеб или пироги, запекал фрукты или овощи, обжаривал кофе. В ходе этого химического процесса продукты темнеют, и на них появляется золотистая корочка.

Чтобы подробнее разобраться в реакции Майяра и процессах образования продуктов в ней, мы решили изучить кинетику данной реакции. Для этого мы рассчитали значения констант скорости реакции при различных температурах и построили несколько графиков (рисунок 1), (рисунок 2), отражающих зависимость константы и скорости от температуры и времени.



Рисунок 1- График зависимости константы скорости реакции от времени запекания

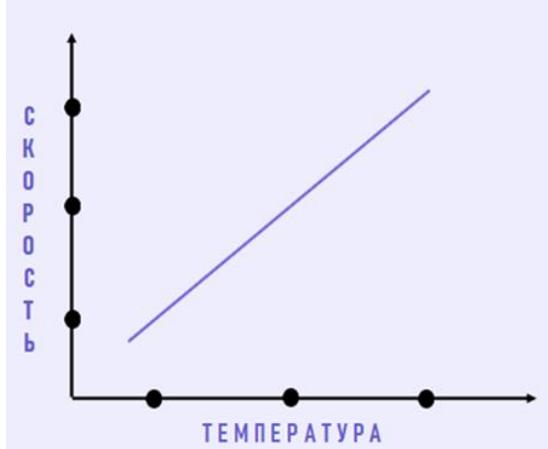


Рисунок 2- График зависимости скорости реакции от температуры

Мы решили проверить возможность использования некоторых методов в домашних условиях. Было необходимо сократить образование акриламида в продуктах без сильных изменений органолептических свойств.

### Заключение

В ходе исследования мы убедились, что существует множество различных методов, направленных на снижение образования акриламида. Некоторые из них используется на практике, другие еще предстоит проверить на эффективность. Можно снизить образование этого вещества в некоторых продуктах, которые мы готовим дома, но все равно во многих изделиях, которые мы покупаем в магазинах, будет содержаться акриламид, так как в промышленности борьба с акриламидом только начинает развиваться. Поэтому самым надежным способом обезопасить себя от влияния токсичного вещества является максимальное исключение из своего рациона продуктов, в которых он содержится. Большинству продуктов можно найти полезную замену: чипсы можно заменить на сухофрукты, вместо жареных овощей можно отдавать предпочтение свежим салатам из сырых овощей.

Полноценная и разнообразная диета без злоупотребления жареными и запечёнными продуктами из картофеля, правильное приготовление картофеля и тостов поможет вам снизить количество акриламида в ваших блюдах и сохранить своё здоровье!

### Список литературы

1. «Сборник задач и упражнений по общей химии»- Пузаков С.А., Попков В.А.
2. В.О.Шефтель «Токсические свойства акриламида»
3. [https://elementy.ru/nauchnoporopulyarnaya\\_biblioteka/431554/Vezdesushchaya\\_reaktsiya\\_Mayara](https://elementy.ru/nauchnoporopulyarnaya_biblioteka/431554/Vezdesushchaya_reaktsiya_Mayara)

---

Попова К. А.

### ВЛИЯНИЕ РН-СРЕДЫ НА ВСХОЖЕСТЬ, РОСТ И РАЗВИТИЕ КРЕСС-САЛАТА

МБОУ «Средняя общеобразовательная школа № 4» Арсеньевского городского округа

Научный руководитель: Ясина Светлана Григорьевна, учитель химии

Всем растениям необходимо разное количество света и определенных веществ. Показатель кислотно-щелочной среды почвы напрямую влияет на развитие растений и способность усваивать ими питательные вещества. Для каждой культуры существует оптимальное значение кислотности почвы, при котором она развивается наилучшим образом, поэтому pH-среды (кислотно-щелочной баланс) является одним из наиболее важных показателей качества плодородия земли.

Актуальность темы заключается в том, что в настоящее время особое внимание уделяется сельскому хозяйству и его отрасли – растениеводству. Для того чтобы получить высокие урожаи нужно знать биологические особенности выращивания культурных растений в зависимости от их pH-среды. Меня заинтересовал этот вопрос, потому что у нас есть дачный участок и урожай на нем и на огороде у бабушки оказался разным. У меня появились вопросы: почему при одних и тех же погодных условиях урожай культур отличается? Возможно, на это влияет состав почвы? Что в почве оказывает большее влияние на рост и развитие культурных растений?

Для этого была поставлена цель: изучение влияния показателей pH-среды почвы на всхожесть и рост кресс салата.

Задачи:

1. Изучить, что такое кислотность почв и ее влияние на растения; рост и развитие культурных растений в зависимости от показателей pH-среды.
2. Провести исследования по определению механического состава почв из разных районов города Арсеньев.
3. Провести анализ почв с разных участков на pH-среду.
4. Изучить влияние на рост и развитие кресс-салата pH-среды, на примере почв взятых образцов.

Гипотеза: на рост и развитие кресс-салата показатели pH-среды не влияют.

Было изучено влияние кислой или щелочной среды почвы на растения.

В кислой почве ухудшается рост корневой системы, из-за этого растения недополучают питательные вещества. У растений появляется дефицит тех или иных элементов. Оптимальные условия для питания растений близки к нейтральной среде. Высокая кислотность почвы подкисляет и клеточный сок растений, что оказывает влияние на внутренние биохимические процессы. [1]

pH-среда характерная для кресс-салата лежит в пределах показателей pH-среды равных 6-7. Выращивать кресс-салат лучше на участке с нейтральным или слабокислым грунтом. [2]

Для изучения влияния механического состава почвы и их кислотно-щелочного баланса на рост и развитие кресс-салата использованы методики исследования:

1. Изучение механического состава почвы
2. Мокрый способ определения механического состава почвы.
3. Исследование pH-среды в растворах исследуемых образцов почв с помощью датчика pH-среды цифровой лаборатории Relion
4. Исследование pH-среды в растворах исследуемых образцов почв с помощью индикаторов
5. Исследование прорастания и развитие семян в зависимости от pH-среды исследуемых почв.

В результате работы изучены типы почв по механическому составу. Исследуемые образцы почв относятся к суглинистой и глинистой, которые плохо пропускают воду.

При исследовании pH-среды были использованы два способа: при помощи индикатора и датчика pH-среды цифровой лаборатории Relion. (таблица)

Таблица 1

Результаты исследования pH среды в вытяжках почв

Образец почвы	Показатели датчика	Изменение цвета фенолфталеина	Изменение цвета метилового оранжевого	pH-среды почвы
№1	8,41	Нет изменений	Нет изменений	Слабощелочная
№2	8,49	Нет изменений	Нет изменений	Слабощелочная
№3	7,87	Нет изменений	Нет изменений	Слабощелочная ближе к нейтральной

В результате исследования установлено, что в образцах 1 и 2 рН-среды слабощелочная (8,41-8,49), а в образце 3 показание ближе к нейтральной (7,87)

Исследуя, прорастания семян салата установлено, что более благоприятные условия для его прорастания необходима слабокислая или нейтральная среда.

рН-среды влияет на всхожесть, рост и развитие кress-салата.

### *Список литературы*

1. Генеральный директор: Ширяев Денис Русланович

Дата регистрации: 30.10.2014 НаташаПетрова Красногородское 23 января 2020, 09:39 «Что такая кислотность почвы и как она влияет на растения» <https://7dach.ru/NatashaPetrova/chto-takoe-kislotnost-pochvy-i-kak-onsa-vliyaet-na-rasteniya-246728.html>

2. Статья «Кресс-салат: выращивание на огороде и дома» Автор: Елена Н. Мелкие правки: 02 августа 2023 Дополнено: 15 февраля 2019 Опубликовано: 15 ноября 2016 <https://floristics.info/ru/stati/ogorod/3000-kress-salat-vyrashchivanie-iz-semyan-v-domashnikh-usloviyakh-v-otkrytom-grunte.html#s6>

---

Рыбакова В.С.<sup>1</sup>, Соколов С.А.<sup>1</sup>, Демчук А.В.<sup>2</sup>

## ИЗУЧЕНИЕ СИНТЕЗА ПЕРОВСКИТОВ В ПОЛЯРНЫХ АПРОТОННЫХ РАСТВОРИТЕЛЯХ

<sup>1</sup>МБОУ СОШ №74

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО ТГМУ Минздрава России

<sup>3</sup>Департамент химии и материалов ИНТПМ ДВФУ

<sup>3</sup>Научный руководитель – бакалавр, лаборант-исследователь В.Л. Растворгусев

<sup>3</sup>Научный руководитель – к.х.н., доцент В.В. Грибова

Большинство современных устройств работает на полупроводниках преимущественно сделанных на основе кремния. Данные полупроводники уже достигли своих физико-технических пределов, поэтому чтобы и дальше увеличить вычислительные мощности техники, а также КПД тех же солнечных панелей, нужно разрабатывать материалы нового поколения, не имеющих недостатков кремниевых аналогов, к которым относятся не эффективное энергопотребление, широкая запрещённая зона, ограниченная масштабируемость, сложное изготовление [1].

Перовскиты, а вернее их гибридные органо-неорганические галогенидные варианты, обладают уникальными оптическими свойствами и свойствами переноса заряда [2], позволяющие создать перспективные материалы, на голову превосходящие существующие полупроводниковые аналоги, предоставляя возможность при тех же размерах функциональных элементов создавать более мощную и производительную технику при более простой технологии изготовления.

Данная работа посвящена исследованию методики получения гибридных галогенидных перовскитов на основе галогенидов свинца и  $\alpha,\epsilon$ -гексаметилендиамина( $C_6DA$ ) в среде ДМСО, ДМФА и их смеси. Концентрации реагирующих веществ приведены в (таблица).

*Таблица*

Концентрации веществ в проведённых экспериментах

Опыт	$C_6DA \cdot 2HCl$ , ммоль	$C_6DA \cdot 2HBr$ , ммоль	$PbCl_2$ , ммоль	$PbBr_2$ , ммоль
Синт.1	-	2	-	2
Синт.2	2	-	-	2
Синт.3	-	2	2	-
Синт.4	2	-	2	-

Эксперименты показали, что в ходе реакции вместо целевых чётко оформленных кристаллов перовскита образуются игольчатые кристалосольваты со свойствами, не удовлетворяющими требуемым. Так же было установлено, что хлориды используемых солей практически не растворяются в ДМФА и с трудом в смеси ДМФА/ДМСО.

#### *Список литературы*

1. Mercier, N. Hybrid Halide Perovskites: Discussions on Terminology and Materials / N. Mercier – DOI 10.1002/anie.201909601 // Angew. Chem. Int. Ed. – 2019. – Vol. 58, N. 50. – P. 17912–17917.
2. Organometal Halide Perovskites as Visible-Light Sensitizers for Photovoltaic Cells / A. Kojima, K. Teshima, Y. Shirai, T. Miyasaka. – DOI: 10.1021/ja809598r // J. Am. Chem. Soc. – 2009. – V.131. – P. 6050–6051.

---

Цевелёва А.Ю.

### **СИНТЕЗ ПОЛИФЕРРОСИЛОКСАНА МЕХАНОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

Частное образовательное учреждение дополнительного образования «Лингва-Плюс»

Научный руководитель – педагог химии, Е.В. Боброва

В современном мире существует множество способов очистки сточных вод. Не каждый из них экологичен и целесообразен. Загрязнение воды — это проблема мирового масштаба. Зачастую предприятия не могут обеспечить хорошую очистку воды, что приводит к существующей экологической ситуацией в стране.

Использование полигетеросилоксанов в очистке сточных вод — это современный и более экологичный способ очистки. Композит с соотношением полиферрофенилсилоксана к диоксиду кремния, равном 1:1 может стать недорогим и экологичным Фenton-подобным катализатором для очистки воды от органических загрязнителей. С его использованием очищение будет более продуктивным и дешевым [1,3].

Гипотеза: при использовании полигетеросилоксанов в очистке сточных вод можно добиться новых результатов и большей экологичности этого процесса.

Целью данной работы является исследование методов синтеза полигетеросилоксанов и синтез полиферрофенилсилоксана.

Задачи:

1. Изучить особенности ПФФС.
2. Изучить свойства и возможности применения полиферрофенилсилоксана для очистки сточных вод.
3. Исследовать методы синтеза полигетеросилоксанов.
4. Синтезировать полиферрофенилсилоксан механохимическим методом и подтвердить состав полученного соединения методом ИК спектроскопии.

В результате данной работы механохимическим методом удалось синтезировать ПФФС — мелкодисперсное вещество пыльно-розового цвета. Вместе с диоксидом кремния в качестве композита оно может быть использовано, как Фентон-подобный катализатор для очистки сточной воды от органических загрязнителей, например, красителей [2].

С помощью ИК спектроскопии удалось подтвердить состав полученного соединения

Выводы:

1. Полигетеросилоксаны – это полимерные кремнийорганические соединения, содержащие силоксановые связи. Эти соединения могут использоваться в качестве синтонов и вспомогательных реагентов. Полиферрофенилсилоксан – это полиметаллорганосилоксан, в силоксановых связях которого присутствует железо. ПФФС является одним из перспективных материалов, способных прочно удерживать ионы железа, ценные свойства которого определяются наличием в составе силоксановой цепи атомов металла.

2. ПГС, в частности ПФФС, могут быть использованы в очистке сточной воды в качестве катализаторов для реакции Фентона. С помощью реакции ионов железа II или III (Фентоно-подобный катализатор) и пероксида водорода разрушают многие органические соединения. Вместе с диоксидом кремния в качестве композита ПФФС может быть использован, как Фентон-подобный катализатор для очистки сточной воды от органических загрязнителей, например, красителей.

3. Методами синтеза полигетеросилоксанов являются: взаимодействие безводных хлоридов металлов с органосилоксанолатами щелочных металлов и гидролитическая поликонденсация полиметаллоорганосилоксанов.

4. Был проведён синтез механохимическим методом, в результате которого был получен ПФФС — мелкодисперсное вещество пыльно-розового цвета. И его состав был подтверждён ИК спектроскопией.

*Список литературы:*

1. «Фото-Фентон деградация метилового оранжевого с использованием гетерогенных катализаторов на основе полифенилферросилоксана» — О. Д. Арефьева, М. А. Самусь, А. И. Писарцева, С. Г. Красицкая, М. С. Васильева, Н. В. Маслова. (Дальневосточный федеральный университет, Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук), 2020 г.
2. «Fe-based Fenton-like catalysts for water treatment: Preparation, characterization and modification» — Jianlong Wang , Juntao Tang. Laboratory of Environmental Technology, INET, Tsinghua University, Laboratory of Radioactive Waste Treatment, Tsinghua University, Beijing, PR China, Chemosphere, 2021 year.
3. «Синтез и использование молибденсодержащих полигетеросилоксанов» — В.В Васильева, А.В. Аликовский, Е.В. Юртаева. Дальневосточный Федеральный университет, Владивосток, 2011.

---

Чая Е.Е.<sup>1</sup>

**АНАЛИЗ КОЛИЧЕСТВА И ВИДОВОГО СОСТАВА ПЫЛЕВЫХ КЛЕЩЕЙ В ПРОБАХ ПЫЛИ  
И ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ В ПРОБАХ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИЯХ Г. ВЛАДИВОСТОКА**

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО ДВФУ «Гимназия ДВФУ»

<sup>2</sup> Кафедра биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО ДВФУ

<sup>1</sup>Научный руководитель - учитель биологии Гимназии ДВФУ Н.Л. Макеева

<sup>2</sup>Консультант - к.б.н., доцент Л.В. Железнова

Пыль является широко распространенным загрязнителем воздуха в помещении и часто вызывает различные заболевания [1, 4]. В настоящее время люди до 90% своего времени проводят в помещении, поэтому важно оценить количество спор плесневых грибов в воздухе жилых и офисных помещений, а также наличие пылевых клещей в самой пыли, так как качество внутренней среды помещений может серьезно влиять на здоровье человека. Учитывая, что пылевые клещи присутствуют в любом помещении,

где регулярно бывают люди, встает вопрос об исследовании видового состава фауны пылевых клещей, численности их каждого вида в обследуемых помещениях, концентрации спор плесневых грибов в воздухе.

Целью данной работы явился анализ количественного и видового состава пылевых клещей в пробах пыли и спор плесневых грибов в пробах воздуха в разных типах помещений г. Владивостока.

Исследование проводилось в 3-х городских квартирах г. Владивостока и 6 офисных помещениях Политехнического института ДВФУ. Всего обследовано 3 микробиотопа и обработано 19 проб собранной пыли, было использовано 15 чашек Петри с питательной средой Сабуро. На момент исследования в местах сбора измерялась относительная влажность воздуха и температура. Сбор и выявление пылевых клещей, количественный подсчет и видовое определение проводили по стандартной методике [3], с использованием бинокуляра Биомед МС-2-ZOOM и микроскопа Микмед-5 с увеличением в 2000 раз. Исследование на микромицеты в помещениях проводили по стандартной методике [2].

В ходе наших исследований в обследуемых помещениях обнаружена довольно разнообразная фауна клещей, состоящая из 11 видов. Видовой состав и количество клещей в пыли обследуемых помещений приведен в таблице.

Таблица

Видовой состав и количество клещей в пыли обследуемых помещений

Помещение	Численность клещей в 1 г пыли (экз.)			Видовой состав пылевых клещей, их численность (экз.) и насекомых	Относитель- ная влажность воздуха %	Кол- во людей	Живот- ные
	Пол	Постель- ные при- надлеж- ности	Мягкая мебель				
<b>Жилые помещения</b>							
Кв №1 кухня	16	-	-	Семейство Pyroglyphidae. Вид Dermatophagoides pteronyssinus (13); Семейство Acaridae. Вид Acarus siro (3); голова личинки блохи	52	3	кошка
Кв №2 кухня	-	-	-	-	42	2	собака
Кв №3 кухня	7	-	-	Семейство Pyroglyphidae. Виды: Dermatophagoides pteronyssinus (1), D.farinae (5), Инфраотряд Gamasina Неизвестный вид (1)	44	2	попугай
Кв №1 зал	11	-	72	Семейство Pyroglyphidae. Виды: Dermatophagoides pteronyssinus (9+45), D.farinae (2+27)	51	3	кошка
Кв №2 зал	-	-	-	-	42	2	собака
Кв №3 зал	-	-	-	-	43	2	-
Кв №1 спальня	30	73	-	Семейство Pyroglyphidae. Виды: Dermatophagoides pteronyssinus (16+46), D.farinae (12+27), Инфраотряд Gamasina Виды: Haemolaelaps sp. (1), Myonyssinus sp. (1)	48	3	кошка
Кв №2 спальня	8	63	-	Семейство Pyroglyphidae. Виды: Dermatophagoides.	71	2	собака

				pteronyssinus (6+46), D. farinae (2+17); личинки насекомых (предположительно блох)			
Кв №3 спальня	6	-	15	Семейство Pyroglyphidae. Виды: Dermatophagoides. pteronyssinus (1), D.farinae (2+15); Инфраотряд Gamasina Семейство Haemogamasidae Haemogamasus liponyssoides (3)	50	2	-
<b>Офисные помещения</b>							
Офис С524	8	-	-	Семейство Pyroglyphidae. Вид Dermatophagoides. pteronyssinus (1), Инфраотряд Gamasina Семейство Laelaptidae Myonyssus sp. (7); 3 личинки насекомых (предположительно отряд жесткокрылых); пыльца покрытосеменных	44	2	-
Офис С525	2	-	-	Инфраотряд Gamasina Семейство Laelaptidae Myonyssus sp. (2);пыльца покрытосеменных	44	2	-
Офис С739	-	-	-	-	42	1	-
Офис С740	93	-	-	Инфраотряд Gamasina. Семейство Laelaptidae Вид Myonyssus dubinini (91); почвенные клещи подотряда Oribatida (2) из клады Астигматических клещей	47	5	-
Офис С741	2	-	-	Семейство Pyroglyphidae. Вид Dermatophagoides. farinae (1); 1 почвенный клещ из подотряда Oribatida (2) клады Астигматических клещей Oribatidae; личинки насекомых (предположительно отряд жесткокрылых); пыльца покрытосеменных	48	1	-
Офис С742	-	-	-	-	42	1	-

Всего было обнаружено 406 экземпляров клещей в исследуемых образцах пыли. Зависимость численности клещей от наличия домашних животных, типа помещений, количества регулярно находящихся в помещениях людей обнаружена не была. Однако наблюдается зависимость численности клещей от влажности. В помещениях, где влажность ниже 44% клещи не были обнаружены. С ростом влажности и обилием пищи количество клещей в пробах увеличивается, хотя и неравномерно. В пробах сейчас преобладают нимфальные стадии пироглифидных клещей, но не взрослые особи.

В результате проведенных экспериментов было показано, что во всех исследуемых жилых помещениях, и микробиотопах присутствуют пироглифидные клещи, в офисных помещениях преобладают гамазоидные клещи. Разброс количества найденных клещей составляет: на полу от 0-93, в постельных принадлежностях от 0-73, в мягкой мебели от 0-72 особей на 1 г пыли. Доминантным видом

в исследуемых помещениях является *Dermatophagoides pteronyssinus* (152 экз или 37,4%), а субдоминантным – *Dermatophagoides farinae* (110 экз или 27,1%). Микологическое исследование дало отрицательный результат на наличие спор грибов в воздухе обследуемых помещений, что объясняется проведением исследования в зимний период. В некоторых помещениях обнаружены споры грамположительных бактерий.

### *Список литературы*

1. Анализ качества внутренней среды застройки г. Владивосток. Часть 2: исследование санитарно-микробиологического состояния воздуха квартир / В.А. Дрозд, А.Л. Пономарева, В.В. Чернышев, К.С. Голохваст // Строительство: наука и образование. – 2020. – Т. 10. – № 4. – С. 48-60.
2. Антропова, А.Б. Аэромикота жилых помещений г. Москвы / А.Б. Антропова, Е.Н. Биланенко, В.Л. Мокеева, Л.Н. Чекунова, Т.М. Желтикова, А.Д. Петрова-Никитина // Микология и фитопатология. – 2003. – Т. 37. – № 6. – С. 1-11.
3. Дубинина, Е.В. Методы обнаружения и определения аллергенных клещей домашней пыли / Е.В. Дубинина, Б.Д. Плетнев. – Л.: Наука, 1977. – 51 с.
4. Железнова, Л.В. Сезонная динамика численности пылевых клещей в квартирах Владивостока / Л.В. Железнова, С.К. Холин // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2004. – № 4 (116). – С. 106-113.

---

Петров М.Д.<sup>1</sup>, Шрамко Д.И.<sup>2</sup>, Чуйко Е.Ю.<sup>3</sup>

### **СИЛОКСАНЫ КАК ОСНОВА ЭФФЕКТИВНЫХ СОРБЕНТАМ**

<sup>1</sup> МБОУ СОШ №48 им. Маслова И. В., г. Владивосток

<sup>2</sup> МБОУ СОШ №48 им. Маслова И. В., г. Владивосток

<sup>3</sup> Департамент химии и материалов ИНТПМ ДВФУ

Научный руководитель - к.х.н., доцент В.В. Грибова

Проблема загрязнения окружающей среды высокомолекулярными органическими соединениями, попадающими в нее через сточные воды, сегодня актуальна как никогда. В основном загрязнители представляют собой отходы производств медицинских препаратов, текстиля и других областях. Эти вещества накапливаются в водах морей и океанов, создавая серьезную угрозу для здоровья людей.

Металлорганосилоксаны с каждым днём набирают всё большую популярность за счёт своего широкого спектра применения. Введение в состав кремнийорганических полимеров атомов металла позволяет улучшить и без того высокие эксплуатационные характеристики полиорганосилоксанов, такие как гидрофобность, термо- и морозостойкость, низкую электропроводность, свето- и износостойкость. Применение материалов на основе металлоорганосилоксанов является один из наиболее популярных способов обработки сточных вод. На данный момент технологии производства и модификации пористых материалов на основе оксида кремния достаточно развиты для дальнейшего использования для очистки и разделения жидких сред.

В данной работе было получено и исследовано соединение – полиферрофенилсилоксан и его абсорбционные свойства. Получение материала вели в несколько этапов:

1. Получение полифенилсилоксана;
2. Получение гидроксида железа (III);
3. Взаимодействие полифенилсилоксана с гидроксидом железа (III);

Полученный продукт был охарактеризован с помощью метода инфракрасной спектроскопии и  
элементным анализом. В ИК-спектре присутствуют все характеристические полосы данного вида  
соединений. Состав продукта не соответствует заданным мольным соотношениям.

*Список литературы*

1. Соболевский М.В., Музовская О.А., Попелева Г.С. Свойства и области применения  
кремнийорганических продуктов. М.: Химия. 1975. 295 с.