

**Естественные
и
технические
науки[®]**

№ 7 (158) 2021 г.

ISSN 1684-2626

**Журнал «Естественные и технические науки» входит
в Перечень ВАК РФ и Международную базу данных
и систему цитирования Chemical Abstracts.**

Журнал публикует основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и на соискание ученой степени доктора наук по естественным и техническим наукам. В соответствии с пунктом 5 Правил издания, текущие номера которых или их переводные версии входят хотя бы в одну из международных реферативных баз данных и систем цитирования, считаются включенными в Перечень по отраслям науки, соответствующим их профилю. При рассмотрении вопроса о присвоении ученого звания публикации соискателя ученого звания в данных изданиях засчитываются в качестве научных трудов, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, включенных в Перечень (на основании пункта 5 Правил формирования перечня рецензируемых научных изданий, утвержденных приказом Минобрнауки России от 12.12.2016 № 1586, и письма Минобрнауки МН-06.2/1059 от 08.11.2018).

Учредитель – Издательство «Спутник+»

Компьютерный набор и верстка – Г. Алексеев

Адрес редакции: Россия, 109428, Москва, Рязанский проспект, д. 8А

Телефон: (495) 730-47-74, 778-45-60, 730-48-71 (с 9 до 18, обед с 14 до 15)

E-mail: print@sputnikplus.ru

**Издание зарегистрировано
Министерством Российской Федерации по делам печати,
телерадиовещания и средств массовых коммуникаций**

**Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-39983 от 20 мая 2010 г.**

Объем 31,75 печ. л.
Тираж 1000 экз. Заказ № 261.
Подписано в печать 30.07.2021.

Отпечатано в ООО «Издательство «Спутник+»

Порядок направления, рецензирования и опубликования научных статей

На основании решения редакционной коллегии журнала
«Естественные и технические науки» № 03 от 01.12.08 утвержден следующий
Порядок рецензирования статей, поступивших в редакцию журнала:

1. Статью необходимо направлять на электронный или почтовый адрес редакции. Поступающая в редакцию статья рассматривается на предмет соответствия профилю журнала, требованиям к оформлению и регистрируется с присвоением ей индивидуального номера. Редакция в течение 3-х дней уведомляет авторов о получении рукописи статьи. Рукописи, оформленные не должным образом, не рассматриваются.

2. Рукописи всех статей, поступивших в редакцию журнала, подлежат обязательному рецензированию. К рецензированию привлекаются ученые, доктора наук, обладающие неоспоримым авторитетом в сфере научных знаний, которой соответствует рукопись статьи, имеющие в течение последних 3-х лет публикации по тематике рецензируемой статьи. Рецензии хранятся в редакции в течение 5 лет. Рецензентом не имеет права быть автор (или один из авторов) рецензируемой статьи. Рецензенты информируются о том, что рукописи статей являются частной собственностью их авторов и представляют собой сведения, исключающие их разглашение и копирование.

3. В случаях, когда редакция журнала не располагает возможностью привлечь к рецензированию эксперта подобающего уровня в сфере знаний, к которой имеет отношение рукопись, редакция обращается к автору с просьбой предоставить внешнюю рецензию. Внешняя рецензия предоставляется при подаче статьи (что, тем не менее, не исключает принятый порядок рецензирования). Рецензии обсуждаются редколлегией, являясь причиной для принятия или отклонения рукописей. Рукопись, адресуемая в редакцию, также может сопровождаться письмом из направляющей организации за подписью ее руководителя.

4. Рецензия должна беспристрастно давать оценку рукописи статьи и заключать в себе исчерпывающий разбор ее научных достоинств и недостатков. Рецензия составляется по предлагаемой редакцией форме или в произвольном виде и должна освещать следующие моменты: научную ценность результатов исследования, актуальность методов исследования и статистической обработки данных, уровень изучения научных источников по теме, соответствие объема рукописи статьи в общем и отдельных ее элементов в частности, т.е. текста, таблиц, иллюстраций, библ. ссылок. В завершающей части рецензии необходимо изложить аргументированные и конструктивные выводы о рукописи и дать ясную рекомендацию о необходимости либо публикации в журнале, либо переработки статьи (с перечислением допущенных автором неточностей и ошибок).

5. Если в рецензии на статью сделан вывод о необходимости ее доработки, то она направляется автору на доработку вместе с копией рецензии. При несогласии автора с выводами рецензента, автор вправе обратиться в редакцию с просьбой о повторном рецензировании или отозвать статью (в этом случае делается запись в журнале регистрации). Тогда новой датой поступления в редакцию журнала доработанной статьи считается дата ее возвращения. Доработанная статья направляется на повторное рецензирование тому же рецензенту. Редакция журнала оставляет за собой право отклонения рукописи статьи в случае неспособности или нежелания автора учесть пожелания рецензента.

6. Срок рецензирования между датами поступления рукописи статьи в редакцию и вынесения редакцией решения в каждом отдельном случае определяется ответственным секретарем с учетом создания условий для максимально оперативной публикации статьи, но не более 2-х месяцев со дня получения рукописи.

7. Рецензии на статьи предоставляются редакцией экспертным советам в ВАК по их запросам.

8. Редакция журнала не сохраняет рукописи статей, не принятые к публикации. Рукописи статей, принятые к публикации, не возвращаются.

9. Редакция издания направляет авторам представленных материалов копии рецензий или мотивированный отказ, а также обязуется направлять копии рецензий в Министерство образования и науки Российской Федерации при поступлении в редакцию издания соответствующего запроса.

Главный редактор: Хавкин А.Я.

Редакционная коллегия журнала:

A.Я. Хавкин

главный редактор, доктор технических наук, профессор кафедры нефтегазовой и подземной гидромеханики Российского государственного университета нефти и газа (национального исследовательского университета) им. И.М. Губкина, сопредседатель бюро секции «Нанотехнологии для нефтегазового комплекса» Нанотехнологического общества России, Почетный нефтяник РФ, лауреат премии Миннефтепрома СССР, лауреат премии им. академика И.М. Губкина, лауреат премии им. Н.К. Байбакова, кавалер медали ЮНЕСКО «За вклад в развитие нанонауки и нанотехнологий»

T.П. Анцупова

доктор биологических наук, профессор кафедры неорганической и аналитической химии Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, Почетный работник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления

A.И. Белолюбцев

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой метеорологии и климатологии Российской государственной аграрного университета – МСХА им. К.А. Тимирязева

C.С. Валеев

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информатики Уфимского государственного авиационного технического университета

I.А. Гарагаш

доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией геомеханики Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, член Российской национального комитета по теоретической и прикладной механике

O.А. Графский

доктор технических наук, профессор вычислительной техники и компьютерной графики Дальневосточного государственного университета путей сообщения

A.В. Дерюгина

доктор биологических наук, доцент, заведующая кафедрой физиологии и анатомии, заместитель директора по научной работе Института биологии и биомедицины, ведущий научный сотрудник лаборатории по разработке методов нейропротекции Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского

V.А. Завьялов

доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации и электроснабжения Национального исследовательского Московского государственного строительного университета

C.Н. Золотухин

доктор биологических наук, профессор кафедры микробиологии, вирусологии, эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, декан факультета ветеринарной медицины и биотехнологии Ульяновского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина, Заслуженный деятель науки и техники Ульяновской области

И.И. Иванов

доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории общей биофизики кафедры биофизики биологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, лауреат Государственной премии СССР (1983)

E.A. Калашникова	доктор биологических наук, профессор кафедры генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства Российской государственного аграрного университета-МСХА им. К.А. Тимирязева
Ю.Г. Калпин	доктор технических наук, профессор кафедры кузовостроения и обработки давлением Московского государственного технического университета «МАМИ»
В.Ф. Касьянов	доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой технической эксплуатации зданий Московского государственного строительного университета, Заслуженный работник высшей школы РФ, Почетный работник профессионального высшего образования РФ, Почетный строитель России и г. Москвы, Почетный работник ЖКХ России
Т.А. Краснова	доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой аналитической химии и экологии Кемеровского технологического института пищевой промышленности, Почетный работник Высшей школы, Заслуженный эколог РФ
Т.В. Мальцева	доктор физико-математических наук, профессор, проректор по научной и инновационной работе Тюменского государственного архитектурно-строительного университета
Л.Г. Моисейкина	доктор биологических наук, профессор Калмыцкого государственного университета им. Б.Б. Городовикова, Почетный работник высшего образования РФ
А.Н. Николаев	доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой оборудования пищевых производств Казанского государственного технологического университета, профессор кафедры теоретических основ теплотехники Казанского государственного технического университета
Ю.Р. Осипов	доктор технических наук, профессор кафедры теории и проектирования машин и механизмов Вологодского государственного технического университета, Почетный работник высшего образования РФ
О.А. Решетник	доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой технологии пищевых производств Казанского государственного технологического университета, член Общества биотехнологов России им. Ю.А. Овчинникова, член Российского отделения Общества микробиологов, Заслуженный деятель науки и техники Республики Татарстан
О.И. Ручкинова	доктор технических наук, профессор кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и водоснабжения Пермского национального исследовательского политехнического университета
Ф.Н. Сарапулов	доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электротехники и электротехнологических систем Уральского государственного технического университета
Н.С. Снегирева	доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Института прикладной механики РАН, изобретатель СССР
В.В. Стогний	доктор геолого-минералогических наук, профессор Кубанского государственного университета

Д.И. Стом	доктор биологических наук, профессор кафедры гидробиологии и зоологии беспозвоночных Иркутского государственного университета, заведующий лабораторией Научно-исследовательского института биологии при Иркутском государственном университете, Изобретатель СССР, Заслуженный работник высшей школы РФ
А.В. Хортов	доктор геолого-минералогических наук, профессор, научный сотрудник Института Океанологии РАН им. П.П. Ширшова
А.А. Хусаинов	доктор физико-математических наук, профессор кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета, Почетный работник высшего профессионального образования РФ
Т.А. Цехмистренко	доктор биологических наук, профессор кафедры анатомии человека медицинского факультета Российского университета дружбы народов, Почетный работник высшего профессионального образования РФ
В.Я. Шапиро	доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры высшей математики Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии
В.Н. Шапран	доктор технических наук, профессор кафедры двигателей Рязанского военного автомобильного института

Уважаемые подписчики!

Вы можете подписаться на любой из наших журналов. Подписка производится как в России, так и за ее пределами.

Подписные индексы наших журналов:

1. «Актуальные проблемы современной науки» – № 41774
 2. «Аспирант и соискатель» – № 41535
 3. «Вопросы гуманитарных наук» – № 42954
 4. «Естественные и технические науки» – № 42943
 5. «Вопросы экономических наук» – № 25784
 6. «Педагогические науки» – № 26028
 7. «Современные гуманитарные исследования» – № 83645

Чтобы подписаться, Вам необходимо вырезать расположенный ниже купон и вписать в него название журнала и индекс. Подписка по Объединенному зеленому каталогу.

СОДЕРЖАНИЕ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Физико-математические науки

Механика

Теоретическая механика

Пожалостин А.А., Ванин С.А. (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет))

Определение логарифмического декремента колебаний однородной шарнирно опертой балки.... 15

Физика

Физика конденсированного состояния

Хамхоев Б.М., Торшоева З.С., Мартазанова Л.М., Евлоева З.Д., Ажигова А.А. (Ингушский государственный университет)

Термостимулированная проводимость и деполяризация монокристалла β -TlInS₂..... 18

Хамхоев Б.М., Торшоева З.С., Нальгиева М.А., Евлоев А.В., Ажигова А.А. (Ингушский государственный университет)

Диаграммы состояния систем CuInS₂-TlInS₂, AgInS₂-TlInS₂ и твердых растворов на основе TlB^{III}C₂^{VI} 25

Химия

Нефтехимия

Махмудбекова Э.Г., Мусинова М.И., Головин А.Ю., Зайцева А.А. (25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации)

Оценка электростатической искробезопасности при заправке топливом емкости, заполненной пористым пенополиуретаном 32

Биологические науки

Физико-химическая биология

Биотехнология

Доан Тху Тхуи (Вьетнамский национальный сельскохозяйственный университет, Вьетнам), Калашникова Е.А., Зайцева С.М., Киракосян Р.Н., Белевцова А.С., Берковская И.А.

(Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Локализация полифенолов в покровных тканях лекарственных растений Dioscorea caucasica Lipsky, Taxus canadensis Marsh, Ginkgo biloba 37

Общая биология

Ботаника

Ломова В.В., Ландык В.М., Кольцова Л.А. (Дальневосточный федеральный университет)

Лекарственные растения семейства Астровые (Asteraceae Dumort.) юга Приморского края..... 40

Щербатова А.Ф. (Кубанский государственный университет)

Современное состояние флоры естественных малонарушенных мелколиственных лесов Кузнецкой котловины (Кемеровская область) 43

Микробиология

Баубекова Д.Г. (Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии), Сопрунова О.Б. (Астраханский государственный технический университет)

*Спектр фитостимулирующей активности лабораторного образца биологического средства защиты растений на основе *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474* 48

Генетика

Азарова Ю.Э., Клёсова Е.Ю., Полоников А.В. (Курский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации)

Синергизм влияния полиморфизма генов ферментов метаболизма глутамиона и повышенного потребления белка на снижение риска развития сахарного диабета 2 типа 54

Левченко А.С. (Курский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации)

Связь полиморфизма генов IL4, IL6 и TNF с риском развития хронического полипозного риносинусита у людей, проживающих вблизи промышленных предприятий 65

Частый контакт с бытовой химией как фактор ассоциации полиморфизма генов IL4 и TNF с риском развития хронического полипозного риносинусита 70

Экология

Грабовская Н.И., Хусаинова Р.К., Сафонова Н.М., Курманбаева А.С., Хусаинов А.Т. (Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова, Казахстан)

*Влияние свинца на посевные качества семян и ростовые параметры кress-салата (*Lepidium sativum* L.)* 75

Тарасова С.С., Гаевая Е.В. (Тюменский индустриальный университет)

*Влияние содержания водорастворимых солей в буровых шламах на смертность гидробионтов (*Daphnia magna* Straus и *Chlorella vulgaris* Beijer)* 81

Биологические ресурсы

Кауфова М.А., Дзуев Р.И. (Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова)

*Влияние переменного магнитного поля частотой 20000 Гц на биометрические показатели картофеля (*Solanum tuberosum* L.)* 85

Маннапов А.Г. (Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева), Талыпов М.А., Хисамов Р.Р. (Башкирский государственный аграрный университет), Фархутдинов Р.Г. (Башкирский государственный университет), Мустафин Р.Ф., Дихин Д.Р., Султанов И.Ф. (Башкирский государственный аграрный университет)

Формирование кадастра медоносных ресурсов Караидельского района темнохвойно-липовых лесов Уфимского плато 88

Физиология

Физиология

Ананьев В.Н. (Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем Российской академии наук), Прокопьев Н.Я. (Тюменский государственный университет), Ананьев Г.В. (Московский педагогический государственный университет), Семизоров Е.А. (Государственный аграрный университет Северного Зауралья), Ананьева О.В., Гуртовой Е.С. (Тюменский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации)

Регуляция количества и чувствительности адренорецепторов артерий кишечника таким природным фактором как холод 94

Сельскохозяйственные науки

Ветеринария и Зоотехния

Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов

Проскурина Л.И., Берсенева С.А. (Приморская государственная сельскохозяйственная академия), Энис Е.М. (Инновационный Евразийский университет, Казахстан), Репш Н.В. (Дальневосточный федеральный университет), Коляда А.С. (Приморская государственная сельскохозяйственная академия)

Влияние пробиотика КлоСТАТ на перевариваемость корма, рост и развитие поросят-отъёмышей..... 99

Медицинские науки

Клиническая медицина

Акушерство и гинекология

Яценко Д.С. (Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова Министерства здравоохранения Российской Федерации), Мельникова Е.В. (Санкт-Петербургский медико-социальный институт), Беженарь В.Ф., Шабанова Н.А. (Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова Министерства здравоохранения Российской Федерации) *Реабилитация в акушерстве: клинический случай ведения беременности, родоразрешения и ведения послеродового периода у беременной с последствиями тяжелой сочетанной травмы..... 103*

Стоматология

Копытов А.А., Оганесян А.А., Миняйло Ю.А., Разиньков П.Н., Одарченко К.С. (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

Влияние последовательного шлифования и полирования образцов акриловых базисных пластмасс на миграцию метилметакрилата в водные вытяжки 113

Науки о Земле

Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

Пилипенко О.Г., Ефремов В.А., Костюмов В.В. (Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет))

Разработка метода для автоматической интерпретации каротажных данных в реальном времени при помощи методов машинного обучения..... 117

Харитонов А.Л. (Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук)

Результаты сравнения учета вариаций геомагнитного поля по данным буйковой станции и данным взаимно пересекающихся профилей гидромагнитной съемки на акватории Каспийского моря 123

Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география

Мошков А.В. (Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук)

Проблемы функционирования регионального туристско-рекреационного комплекса Приморского края 129

Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

Буковский М.Е., Кузьмин К.А., Семенова А.В., Печагина Д.С. (Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина)

Обеспеченность западных районов Тамбовской области ресурсами поверхностного стока в летние месяцы 140

Океанология

Мискевич И.В., Лещев А.В., Мосеев Д.С. (Северо-Западное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук)

Биогеохимические характеристики экосистемы дельты реки Северная Двина в зимний период..... 144

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Машиностроение и машиноведение

Технология и оборудование механической и физико-технической обработки

Лутъянов А.В., Шилейко А.А. (МИРЭА – Российский технологический университет),
Савин А.Н. (ЗАО Производственная Компания «СтанкоПресс», г. Москва)

Современная технология механической обработки деталей из легированных сталей на станках с ЧПУ 149

**Энергетическое, металлургическое
и химическое машиностроение**

Тепловые двигатели

Гоева В.В., Грунин К.Е. (Нижегородский государственный инженерно-экономический университет)

Прогнозирование теоретической погрешности при проектировании ДВС в зависимости от степени сжатия в камере сгорания и частоты вращения коленчатого вала 153

Кузнецов Г.А., Раилко М.Ю., Петров Д.А. (Сибирский федеральный университет)

Ретроспективный анализ отечественных бензиновых двигателей легковых автомобилей..... 158

Авиационная и ракетно-космическая техника

Наземные комплексы, стартовое оборудование, эксплуатация летательных аппаратов

Салимгареева В.Р., Бибикин Н.О., Леонова К.А., Трякина Ю.С., Гончарова А.В., Ковтун М.А., Цветкова Е.М. (Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет))

Влияние модернизированных воздушных судов на экономику авиакомпаний и экологию в зонах приаэропортовых территорий 164

Информатика, вычислительная техника и управление

Системный анализ, управление и обработка информации

Белоусов Е.А., Попов И.А., Евдокимов А.А., Ерохин И.А., Абибок М.А., Варламов О.О.
(Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет))

Рекомендательная система диагностики сахарного диабета на основе механизма миварного вывода..... 169

Гринь В.С. (Донской государственный технический университет)

API современных социальных сетей как метод сбора информации 175

Ерохин И.А., Белоусов Е.А., Сафин Р.Р., Коваленко А.А., Звонарев А.Е., Гапанюк Ю.Е.
(Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет))

Метаграфовое описание семантики изображения 179

Шаргородский М.А., Кушников В.А. (Институт проблем точной механики и управления
Российской академии наук)

Формирование метрического пространства чрезвычайных ситуаций для решения задач оперативного управления объектами и территориями 183

Управление в социальных и экономических системах

Андреева В.В., Гревцов О.И. (Самарский государственный экономический университет),
Золин А.Г. (Самарский государственный технический университет)

Совершенствование компетенций по информационным технологиям будущих правоведов 188

Лукашенко Д.В. (Научно-исследовательский институт Федеральной службы исполнения наказаний)

Инфраструктура информационного обеспечения учебной дисциплины в образовательной организации силовых ведомств 191

Образованность обучающегося как управляемый и деятельностный аспект 193

Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Сухобоков А.А., Никольский Д.Р. (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет))

Оценка масштабируемости алгоритма проверки полноты и корректности связей в структуре данных системы управления мастер-данными об активах 195

Сухобоков А.А., Труфанов В.А., Столяров Ю.А., Садыков М.Р., Елизаров О.О. (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет))

Распределенная метаграфовая СУБД на основе технологии Блокчейн 201

Фомин А.И. (Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского Министерства обороны Российской Федерации)

Оценка сложности исследования дизассемблированного кода исполняемых программ 210

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Трофимец Е.Н. (Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий)

О численных методах решения обыкновенных дифференциальных уравнений в MS Excel 212

**Методы и системы защиты информации, информационная
безопасность**

- Ростовцев В.Н., Моисеев С.А., Шанауров Д.И., Завьялов Б.С. (Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации) 221
Применение направленных акустических систем для защиты информации 221
Рудик М.В. (Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»), Коркин И.Ю. (ООО «Вентра», г. Москва)
Расширение возможностей Clang Static Analyzer для обнаружения новых уязвимостей 225

Химическая технология

Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ

- Рокосов Ю.В., Рокосова Н.Н., Горюнова П.В., Рокосова В.Ю. Романова Т.А. (Институт углехимии и химического материаловедения Федерального исследовательского центра угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук)
Хромато-масс-спектрометрическое изучение состава углеводородов в продуктах термогидролиза кайчакских углей Кузбасса 231

Технология продовольственных продуктов

Процессы и аппараты пищевых производств

- Шанин В.А., Алексеев Г.В., Кравцова Е.В., Каршева К.О. (Национальный исследовательский университет ИТМО)
Анализ влияния параметров ультразвуковой обработки на клейстеризующую способность картофельного крахмала 241

Процессы и машины агротехнологических систем

Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

- Андреев А.А., Апатенко А.С., Гусев С.С. (Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)
Очистка нефтяных масел от механических загрязнений 243

Строительство и архитектура

Строительные конструкции, здания и сооружения

- Феоктистова Л.А., Фардеев А.Р., Раева Т.В. (Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета)
Анализ расчета деревянной линзообразной фермы с помощью программного обеспечения SCAD 252

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Физико-математические науки

Механика

Теоретическая механика

**Пожалостин А.А., доктор технических
наук, профессор**
Ванин С.А.

*(Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский уни-
верситет))*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛОГАРИФМИЧЕСКОГО ДЕКРЕМЕНТА КОЛЕБАНИЙ ОДНОРОДНОЙ ШАРНИРНО ОПЕРТОЙ БАЛКИ

Колебания малые, трение полагается малым ,формы колебаний считаются неизменными в случае учета трения, учитывается только первый тон колебаний системы

Ключевые слова: Колебания, трение, изгиб., логарифмический декремент, частота.

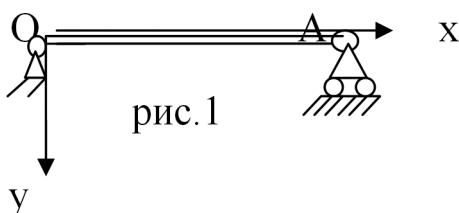
**Pozhalostin A.A.
Vanin S.A.**

DETERMINATION OF THE LOGARITHMIC DECREMENT OF VIBRATIONS OF A HOMOGENEOUS PIVOTED BEAM

In this article consider a console with linear friction, received logarithmic decrement system. Used for single member of row. Main words: vibrations, friction, cross-section vibrations, logarithmic decrement.

Keywords: vibrations, friction, cross-section vibrations, logarithmic decrement.

Рассматриваются малые изгибные колебания идеально упругой балки рис. 1 с учетом трения . Трение считается пропорциональным первой степени скорости прогиба балки (гипотеза Фойгта) [6, 7].



Допущения: Колебания малые, трение полагается малым ,формы колебаний считаются неизменными в случае учета трения, учитывается только первый тон колебаний системы.

Дифференциальное уравнение изгибных колебаний системы имеет вид [2]: $E J_o \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \mu_0 \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$

Здесь $E J_o$ – изгибная жесткость , $y(x, t)$ –прогиб балки , μ_0 – погонная масса, t – время , E – модуль Юнга , J_o – момент инерции сечения. Используем метод разделения переменных , тогда $y(x, t) = f(x) T(t)$ [3, 4] , где $f(x)$ форма колебания, $T(t)$ – функция времени.

Обозначим $\lambda^4 = \mu_0 \omega^2 / E J_o$, где λ – собственное значение краевой задачи, ω – частота собственных колебаний системы.

Так как $\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -\omega^2 y$, то уравнение для $f(x)$ будет :

$f^4 - \lambda^4 f = 0$, $f^4 = \int d x^4$, граничные условия для f имеют вид : в дальнейшем учитываем только первый тон колебаний системы

$f(0) = 0$, $f(l) = 0$, $f''(0) = 0$, $f''(l) = 0$ Здесь $f' = \frac{df}{dx}$.

Тогда решение для f будет [2] : $f(x) = \sin \frac{\pi x}{l}$ [4].

Кинетическая энергия системы имеет вид [1] :

$T = \frac{1}{2} \int_0^l \mu v^2 dx$
 μ - погонная масса однородной балки.

$$v = \frac{dy}{dt} = \sin \frac{\pi x}{l} s' , s' = \frac{ds}{dt}$$

и $T = m^0 \frac{s'^2}{2}$, $m^0 = \frac{\mu l}{2}$ -приведенная масса системы.

Потенциальная энергия балки [2] :

$$\Pi = \frac{1}{2} \int_0^l E J (f'' s)^2 = \frac{C^0}{2} s^2$$

C^0 – приведенная жесткость системы.

Поскольку считается , что внутреннее трение в материале балки пропорционально скорости элементов балки [6] , то функция Рэлея – Φ [1] будет :

$$\Phi = \frac{1}{2} \int_0^l \beta (\sin \frac{\pi x}{l})^2 dx \dot{s}^2 \text{ или : } \Phi = \frac{\beta l}{4} \dot{s}^2,$$

Используя уравнения Лагранжа Π – го рода [1] , получим $-m^0 \ddot{s} + \frac{\beta l}{2} \dot{s} + C^0 s = 0$ или в каноническом виде:

$$\ddot{s} + 2n\dot{s} + \omega_0^2 s = 0, n = \frac{\beta l}{4m} - \text{коэффициент затухания.}$$

Используя подстановку : $s = z e^{-nt}$, получим $\ddot{z} + (\omega_0^2 - n^2) z = 0$, Обозначим $\omega_1^2 = \omega_0^2 - n^2$ и

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} - \text{период колебаний системы с учетом трения.}$$

$$\text{а } T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} \text{ Так как } n^2 = \omega_0^2 - \omega_1^2 \text{ то}$$

$$n^2 = \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 - \left(\frac{2\pi}{T_1}\right)^2. \text{ Логарифмический декремент колебаний}$$

равен $\vartheta = n T_1$, T_1 – период колебаний системы первого тона, определяемый экспериментально.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курс теоретической механики под ред.академика К.С. Колесникова М.,МГТУ., 2017.,: С.– 580.
2. Сопротивление материалов. В.И. Феодосьев. М., МГТУ., 2016.,: С.– 343
3. Введение в теорию колебаний. С.П. Стрелков., Наука., 1964., С.– 437.
4. Теория колебаний.М.М. Ильин, К.С. Колесников,Ю.С.Саратов.М.,МГТУ., 2003.,: С.271.
5. Динамика ракет..С.Колесникова М., Машиностроение., 2003.,: С.– 519.
6. Внутреннее трение в металлах. В.С. Постников., М., Металлургия.,1969., С 327.
7. Приближенный метод определения логарифмического декремента для малых колебаний упругого сосуда, заполненного жидкостью.Пожалостин А.А., Паншина А.В. в Сб. к 125 – ю каф Теор. мех., М., 2003., С.–199–204.

Физика

Физика конденсированного состояния

Хамхоев Б.М., кандидат физико-математических наук, профессор
Торшхоеева З.С., кандидат физико-математических наук, доцент
Мартазанова Л.М., доцент
Евлоева З.Д., соискатель
Ажигова А.А., соискатель
(Ингушский государственный университет)

ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ И ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ МОНОКРИСТАЛЛА β -TlInS₂

Авторы провели исследования термостимулированной проводимости и термостимулированной деполяризации полупроводниковых монокристаллов β -TlInS₂. В результате определяются: глубина залегания (E), концентрация (N) и сечение захвата (s) уровней прилипания, а также уточняется природа уровней. Было исследовано несколько образцов, изготовленных из нелегированных монокристаллов β -TlInS₂.

Ключевые слова: монокристаллы, темновая проводимость, рекомбинация, уровни прилипания.

*Khamkhoev B.M.
Torshkhoeva Z.S.
Martazanova L.M.
Evloeva Z.D.
Azhigova A.A.*

THERMALLY STIMULATED CONDUCTIVITY AND DEPOLARIZATION OF β -TlInS₂ SINGLE CRYSTAL

The authors conducted studies of thermally stimulated conductivity and thermally stimulated depolarization of β -TlInS₂ semiconductor single crystals. As a result, the following are determined: the depth of occurrence (), concentration () and the capture cross section () of the adhesion levels, and the nature of the levels is also refined. We investigated several samples made of undoped single crystals of β -TlInS₂.

Keywords: single crystals, dark conductivity, recombination, sticking levels.

Нами были проведены исследования термостимулированной проводимости (ТСП) и термостимулированной деполяризации (ТСД) полупроводниковых монокристаллов β -TlInS₂.

Эти кристаллы охлаждались до 77 К в металлическом криостате и при этом освещались светом, который соответствовал собственной полосе поглощения. В дальнейшем они нагревались с неизменной скоростью в темноте, при этом записывалась кривая тока ТСП. Прикладываемое электрическое поле нами направлялось вдоль слоя, а свет – перпендикулярно слоям в монокристалле.

В монокристаллах β -TlInS₂ в результате была обнаружена остаточная темновая проводимость. Образец β -TlInS₂ охлаждался до 100 К и к нему прикладывалось поле напряженностью 200 В/см и освещалось светом $h\nu \geq E_g$ в течение 30 мин. После 15 мин. прекращения освещения при 100 К остаточная проводимость была на 3 порядка больше темновой проводимости.

Для получения кривых ТСД прикладывалось электрическое поле по направлению вдоль слоя, и образец освещался светом $h\nu \geq E_g$ в течение 30 мин. При отключении поля и устранения освещения образец нагревался с постоянной скоростью, и записывалась кривая тока ТСД.

Кривые ТСП и ТСД, полученные для монокристалла β -TlInS₂ нами даны на рисунках 1 и 2, и они имеют довольно сложный вид. Для соединения β -TlInS₂ определены энергии активации для глубоких примесей по температурной зависимости фото- и темновой проводимости, составляющих для β -TlInS₂ 1,03 и 0,5 эВ (рис.2, кривая 3). Необходимо отметить, что эти данные хорошо согласуются со значениями энергии активации примесей, полученные другими авторами [1].

По ТСП и ТСД мы можем определить концентрацию ловушек и их распределение по энергиям.

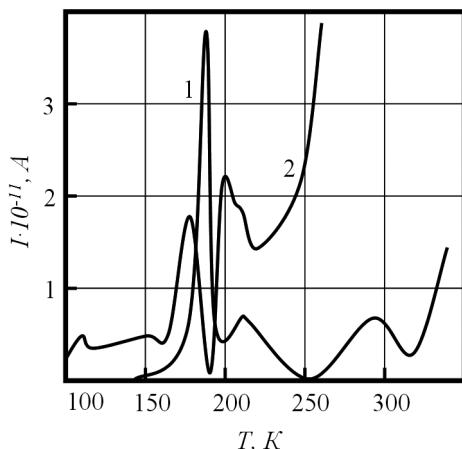


Рис. 1. Кривые ТСП(2) и ТСД(1) в монокристаллах β – TlInS₂ при скорости нагрева 0,15 град/с

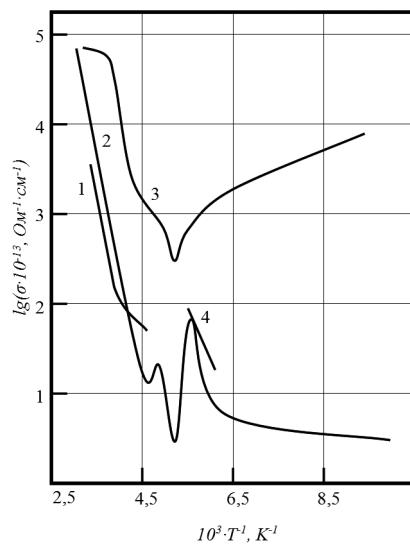


Рис.2. Температурная зависимость темновой проводимости (2), фотопроводимости (3), ТСП(1,4) в монокристаллах β – TlInS₂

Для обработки экспериментальных результатов требуется знание механизма рекомбинации. Например, если в монокристалле имеет место мономолекулярный механизм рекомбинации с медленным уровнем прилипания $\left[\gamma(M-m) \cdot n \ll \frac{n}{\tau} \right]$, то для концентрации электронов в зоне проводимости [2, 3, 4] можно написать

$$n = m_0 \tau N_c \exp \left[-\frac{E}{kT} - \int_{T_0}^T \frac{N_c}{e} \exp \left(-\frac{E}{kT} \right) dT \right] \quad (1)$$

где m_0 – начальное заполнение уровней прилипания, τ – время жизни электронов, N_c – плотность состояния, $\gamma = st \cdot v$, S_t – сечение захвата уровней прилипания для электронов, M – концентрация уровней прилипания, E – глубина залегания уровней прилипания, e – скорость нагрева образца.

В работе [3] при бимолекулярном механизме рекомбинации с учетом того, что $\gamma(M-m) \cdot n \sim \frac{n}{\tau}$ (т.е. рекомбинация и прилипание электрона равновероятны), для n получено:

$$n = m_0^2 \tau \gamma N_c \exp \left(-\frac{E}{kT} \right) / M \left[1 + \frac{m_0}{M} \int_{T_0}^T \frac{N_c \gamma}{e} \exp \left(-\frac{E}{kT} \right) dT \right] \quad (2)$$

В случае быстрых уровней прилипания, т. е. при $\gamma(M-m) \cdot n \gg \frac{n}{\tau}$ [183]:

$$n = \frac{m_0}{M} N_c \exp \left[-\frac{E}{kT} - \frac{1}{M \tau e} \int_{T_0}^T N_c \exp \left(-\frac{E}{kT} \right) dT \right] \quad (3)$$

Следует отметить, что в случае бимолекулярной рекомбинации температура T_M , при которой наблюдаются максимумы ТСП, зависит от степени начального заполнения уровней прилипания (m_0/M), в то время как при мономолекулярном механизме рекомбинации T_M не зависит от величины заполнения.

Анализируя выражения (2,3) при определенных условиях проведения эксперимента, можно получить выражение для определения глубины залегания уровней прилипания для всех вышеперечисленных случаев.

Случай медленных уровней прилипания ТСП подробно рассмотрен в работе [4], где показано, что глубина залегания уровня прилипания связана с температурой, соответствующей максимуму ТСП (T_M), и температурой соответствующей половине максимума ТСП (T_1):

$$E = \frac{1,72}{T_M - T_1} kT_M^2 \left(1 - 2,58 \frac{2kT_M}{E} \right) \quad (4)$$

В случае быстрых уровней прилипания:

$$E = \frac{kT_M^2}{T_2 - T_M} \quad (5)$$

где T_2 – температура, при которой ТСП уменьшается вдвое от минимальной величины.

Если кривые ТСП снимаются для двух скоростей v_1 и v_2 (соответствующие им температуры максимумов T_{M1} и T_{M2}), то глубину залегания медленных уровней прилипания можно определить с помощью следующего выражения:

$$E = \frac{kT_{M1}T_{M2}}{T_{M1} - T_{M2}} \ln \frac{v_1 T_{M2}^{3/2}}{v_2 T_{M1}^{3/2}} \quad (6)$$

Из вышеизложенного следует, что прежде чем выбрать выражение для определения глубины залегания уровней прилипания, необходимо знать тип уровня прилипания. Глубина залегания уровня прилипания для медленных перезахватов связывается с температурой T_M и температурой T_1 , при которой проводимость достигает половины значения ее в максимуме ТСП:

$$E = \frac{1,51kT_1T_M}{T_M - T_1} \quad (7)$$

Как следует из (1), (2), (3), путем снятия кривых ТСП при разных степенях заполнения уровней прилипания можно определить их тип. Зная форму кривых релаксации фотопроводимости также можно определить тип уровня прилипания.

При

$$\delta \leq e^{-1} \left(1 + \frac{2kT_M}{E} \right) \quad (8)$$

имеет место случай медленных уровней прилипания, если

$$\delta \geq e^{-1} \left(1 + \frac{2kT_M}{E} \right) \quad (9)$$

то случай быстрых уровней прилипания. Здесь

$$\delta = (T_2 - T_M) \cdot (T_2 - T_1)^{-1}$$

Исследованием начального участка нарастания ТСП, независимо от типа уровня прилипания, можно получить выражение для глубины залегания уровня прилипания.

В начале нагревания, когда ловушки еще только начинают опустошаться, при возрастании температуры интеграл (3) крайне мал, а для концентрации п или ТСП можно записать:

$$\Delta\delta = const \cdot \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) \quad (10)$$

В зависимости от количества близкорасположенных уровней прилипания получают различные прямые $\ln\delta$ от T^1 с разными наклонами (E_1, E_2 и т. д.).

В случае сильных повторных захватов глубина залегания определяется по методу Бьюба по формуле:

$$E = kT_M \ln \frac{N_c e M}{\delta_M} \quad (11)$$

где δ_M – собственная проводимость свободных носителей в максимуме ТСП. Сечение захвата носителей тока ловушками можно вычислить по формулам:

$$s = \frac{e k}{N_V E v_T} \left(\frac{E}{k T_M} \right)^2 \exp\left(-\frac{E}{k T_M}\right) \quad (12)$$

Для эффективного сечения рекомбинации при быстрых уровнях прилипания получили следующее выражение:

$$s = \frac{e E}{k T_N^2 v_T n_M} \quad (13)$$

где v_T – тепловая скорость, n_M – концентрация носителей при T_M .

Концентрацию носителей тока, находящихся на уровнях прилипания, можно вычислить по площади, ограниченной кривой ТСП.

Как видно из вышеизложенного, методом ТСП и ТСД успешно определяются глубина залегания (E), концентрация (N) и сечение захвата (s) уровней прилипания, а также уточняется природа уровней.

Применение метода Гарлика-Гибсона к максимуму ТСП при 173 К дало возможность выявить уровень с глубиной 0,30 эВ. Энергии ионизации уровней оказались равными 0,29 и 0,51 эВ ($M = 20 \text{ В/см}^2 \cdot \text{с}$, $N_v = 1,95 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$).

Таблица 1

Параметры примесных уровней соединения β -TlInS₂, определенные по ТСП и ТСД

T_M , К	E_p , эВ	N_p , см^{-3}	s , см^2	τ , с
		β -TlInS ₂		
112	0,30	1×10^9	$3,4 \times 10^{-14}$	$3,6 \times 10^{-3}$
151	0,42	$3,4 \times 10^9$	$1,1 \times 10^{-14}$	$2,6 \times 10^{-3}$
182	0,51	$7,2 \times 10^9$	$2,1 \times 10^{-14}$	$6,5 \times 10^{-4}$
210	0,58	$7,0 \times 10^9$	$2,9 \times 10^{-15}$	$1,3 \times 10^{-2}$

Для измерения ТСП и ТСД было исследовано несколько образцов,

изготовленных из нелегированных монокристаллов β -TlInS₂, имеющих размеры $(10 \div 5) \times (5 \div 2) \times (3 \div 1)$ мм³ с удельным сопротивлением, равным при 300 К $4 \times 10^8 \div 7 \times 10^9$ Ом·см и обладающих проводимостью *p*-типа. Все образцы β -TlInS₂ имели соответственно по три и по пять пиков.

На рис.2 приведены спектры ТСП и ТСД для образцов β -TlInS₂, имеющих размеры $5 \times 3 \times 2$ мм³ и $5 \times 3 \times 2$ мм³ соответственно с удельным сопротивлением $5,7 \times 10^9$ Ом·см при 300 К.

Для обработки полученных кривых ТСП и ТСД для β -TlInS₂ использованы различные методы.

Методом «начального наклона» в монокристаллах β -TlInS₂ выявлено три уровня с энергиями активации 0,51, 0,58, 1,03 эВ (рис.2, кривые 1, 4).

Для максимумов спектров ТСП и ТСД в монокристаллах β -TlInS₂ при 112, 151, 182 К выполняется условие (9), что соответствует медленным уровням. Параметры этих уровней вычислены при помощи выражений (7), (12), (табл.1). Для максимумов 300 и 200 К, предполагая, что квазиуровень Ферми при T_M совпадает с уровнем прилипания, энергии активации и сечения

захвата носителей тока ловушками были вычислены с помощью формул (11), (12). Результаты этих вычислений приведены в табл.1.

В зависимости от образца, значение энергии активации отличалось не более, чем на 0,03 эВ, а сечение захвата и концентрации уровней отличались не более, чем на один порядок.

Соединение β -TlInS₂ имеет слоистую структуру и при выращивании монокристалла не исключено скольжение слоев по плоскости спайности. Это скольжение создает глубокие примесные уровни с большой концентрацией, которые обнаружены в соединениях со слоистой структурой. Энергия залегания этих уровней соответствует приблизительно середине запрещенной зоны. Поэтому можно предполагать, что локальные уровни в кристалле β -TlInS₂ с энергией активации 0,85 эВ соответствуют структурному дефекту, обусловленному слоистостью кристалла. Мелкие уровни могут быть также связаны со структурными дефектами, но не исключено, что они соответствуют неконтролируемым примесям.

Слоистость структуры дает возможность при одних и тех же образцах при помощи сканирования изменять толщину образцов. Для проверки роли поверхностных состояний у одного и того же образца при изменении толщины от 4 до 1 мм были сняты спектры ТСП и ТСД. Параметры примесных уровней почти не изменились. Это показывает, что в данном случае в слоистых кристаллах влияние поверхностных состояний не играет существенной роли.

Как следует из рис.1 в кристаллах β -TlInS₂ пики спектра ТСП, соответствующие 112, 182, 210 К почти совпадают с максимумами спектров ТСД при 112, 186, 212 К. Максимум при $T_m=295$ К наблюдается только в спектре ТСД. Это связано с тем, что метод ТСД имеет высокую чувствительность и при регистрации спектров влияние темнового тока, вызванного внешним электрическим полем, отсутствует.

Пики ТСП, которые совпадают с максимумом ТСД в соединении β -TlInS₂, появляются вследствие одного и того же механизма, т. е. возникновение тока происходит за счет освобождения носителей заряда, захваченных в локализованных центрах во время возбуждения.

В области температур 185÷205 К на кривых ТСД и ТСП обнаружены узкие пики (рис.2), а в температурной зависимости электропроводности и фотопроводимости появляются аномалии, которые характерны для фазовых переходов. Результаты экспериментальных исследований показывают, что в β -TlInS₂ происходит фазовый переход.

Выводы:

Наличие фазового перехода в β -TlInS₂ в области температур 185÷195 К установлено измерениями ТСД и фотопроводимости. Измерениями ТСП и ТСД в интервале температур 100÷300 К определены параметры уровней прилипания в кристалле β -TlInS₂ (концентрация, глубина залегания и сечение захвата) (табл.1).

Пики ТСП, которые совпадают с максимумом ТСД в соединении

β -TlInS₂, возникновение токов проявляется вследствие одного и того же механизма и происходит это за счет освобождения носителей заряда, захваченных в локализованных центрах во время возбуждения. В области температур 185÷205 К на кривых ТСД и ТСП обнаружены узкие пики (рис. 4.6), а в температурной зависимости электропроводности и фотопроводимости появляются аномалии, которые характерны для фазовых переходов. Экспериментальные исследования показывают, что в β -TlInS₂ по всей вероятности происходит фазовый переход.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абуталибов Г.И., Абдуллаева С.Г., Зейналов Н.М. Оптические свойства монокристаллов TlInS₂. // ФТП. 1982. Т.10. №11. С.2086–2088;
2. Бергер Л.И., Баланевская А.Э. Некоторые физико-химические, тепловые и упругие свойства тройных полупроводниковых соединений типа Al_xBi_ySi_z. // Изв. АН СССР. Неорганические материалы.-1966 – Т.2. - № 8. – С.1514–1515;

3. *Вайткус В., Керимова Э.М. и др.* Влияние примесей на электрические и фотоэлектрические свойства монокристаллов TlInSe₂ – TlInS₂. // Все- союзная конф. по физ., хим. и техн. применению халькогенидов. Тезисы докл. Баку. С. 1979. – С.119;
4. *Гавриш В.А., Илбичева Л.Ф. и др.* Программное устройство к терморегуляторам. // Приборы и техника экспериментов. 1979. № 6 . С.1949–1950.

LITERATURE

1. *Abutalibov G.I., Abdullaeva S.G., Zeynalov N.M.* Optical properties of TlInS₂ single crystals. // FTP. 1982. T.10. No. 11. S.2086–2088.
2. *Berger L.I., Balanovskaya A.E.* Some physicochemical, thermal and elastic properties of ternary semiconductor compounds of the Al Bi I I CVI₂ type. // Izv. Academy of Sciences of the USSR. Inorganic materials.-1966 – T.2. – No. 8. – P.1514–1515.
3. *Vaitkus V., Kerimova E.M. et al.* Effect of impurities on the electrical and photoelectric properties of TlInSe₂ – TlInS₂ single crystals. // All-union conf. on physical., chem. and tech. the use of chalcogenides. Abstracts of reports. Baku. S. 1979. – S. 119.
4. *Gavrish V.A., Ilbicheva L.F. and other* software device for thermostats. // Instruments and experimental techniques. 1979. No. 6. S. 1949–1950.

Хамхоев Б.М., кандидат физико-математических наук, профессор
Торшхоеева З.С., кандидат физико-математических наук, доцент
Нальгиева М.А., кандидат физико-математических наук, доцент
Евлоев А.В., старший преподаватель
Ажигова А.А., соискатель
(Ингушский государственный университет)

DOI: 10.25633/ETN.2021.07.01

ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ $\text{CuInS}_2\text{-TlInS}_2$, $\text{AgInS}_2\text{-TlInS}_2$ И ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ $\text{TlB}^{\text{III}}\text{C}_2^{\text{VI}}$

В данной работе проводится исследование двух систем $\text{CuInS}_2\text{-TlInS}_2$, $\text{AgInS}_2\text{-TlInS}_2$ с целью получения четверных соединений методом замещения химических элементов A^1 на Tl (где $A^1\text{-Ag}$, Cu). В результате исследования установлено, что полученные нами сплавы являются соединениями с ограниченными областями твердых растворов при комнатной температуре. Также рассматривается вопрос выращивания монокристаллов, и микрозондовый анализ сплавов систем $\text{Ag}_{1-x}\text{TlxInS}_2$, $\text{Cu}_{1-x}\text{TlxInS}_2$.

Ключевые слова: дифференциально-термический, рентгено-фазовый, рентгено-структурный анализы, микрозондовый анализ, растр, фотон, квант, сегрегация, легирование, кристаллизация, монокристалл.

*Khamkhoev B.M.
Torshkhoeva Z.S.
Nalgieva M.A.
Evloev A.V.
Azhigova A.A.*

PHASE DIAGRAMS OF $\text{CuInS}_2\text{-TlInS}_2$, $\text{AgInS}_2\text{-TlInS}_2$ SYSTEMS AND SOLID SOLUTIONS BASED ON $\text{TlB}^{\text{III}}\text{C}_2^{\text{VI}}$

In this work, we study two systems $\text{CuInS}_2\text{-TlInS}_2$, $\text{AgInS}_2\text{-TlInS}_2$ in order to obtain quaternary compounds by replacing chemical elements A^1 with Tl (where $A^1\text{-Ag}$, Cu). As a result of the study, it was found that the alloys obtained by us are compounds with limited areas of solid solutions at room temperature. The issue of growing single crystals and microprobe analysis of alloys of the $\text{Ag}_{1-x}\text{ Tlx InS}_2$, $\text{Cu}_{1-x}\text{ Tlx InS}_2$ systems are also considered.

Keywords: differential thermal, X-ray phase, X-ray structural analysis, microprobe analysis, raster, photon, quantum, segregation, alloying, crystallization, single crystal.

Изучение, анализ многочисленных публикаций отечественных и иностранных авторов подтолкнули нас к изучению соединений систем $\text{CuInS}_2\text{-TlInS}_2$, $\text{AgInS}_2\text{-TlInS}_2$ с целью получения твердых растворов в вышеперечисленных системах, а также построения их диаграмм состояния на основе $\text{TlB}^{\text{III}}\text{C}_2^{\text{VI}}$. Кристаллическая структура и резкая анизотропия физических свойств обуславливает интерес к изучению этих объектов, как с практической, так с научной точки зрения. Перед нами стояли следующие задачи:

1. Физико-химический анализ и построение диаграмм состояний псевдобинарных систем $A^1\text{B}^{\text{III}}\text{C}_2^{\text{VI}}\text{-TlB}^{\text{III}}\text{C}_2^{\text{VI}}$ на основе комплексных измерений: дифференциально-термического анализа (ДТА), рентгенофазовых (РФА), рентгеноструктурных исследований (РСА) и т.д.

С учетом результатов физико-химического, электронно-зондового анализа разработать технологию и вырастить совершенные однородные монокристаллы как исходных $A^I B^{III} C_2^{VI}$ и $TlB^{III} C_2^{VI}$, так и монокристаллов из области существования твердых растворов соединений $TlxA_{1-x} B^{III} C_2^{VI}$. Выявить особенности кристаллической структуры и фазовые переходы как в соединениях, так и в твердых растворах при комнатной температуре.

2. Выявить перспективные твердые растворы для практического использования, в качестве приемников электромагнитного излучения, тензодатчиков, в нелинейной оптике преобразователей солнечной энергии, что является в свете развития современной научноемких технологий весьма актуальной задачей (возобновляемые источники энергии, зеленая революция в развитии современной промышленности).

Данные материалы обладают специфическим строением кристаллических решеток. Соединения типа $A^I B^{III} C_2^{VI}$ – полупроводники с халькопиритной структурой, в которой два типа катионов образуют упорядоченную подрешетку; элементарная ячейка, содержащая 8 атомов (2 A^I ; 2 B^{III} ; 4 C^{VI}), характеризуется наличием объемного центра. Соединения $TlB^{III} C_2^{VI}$ являются неполновалентными полупроводниками, образующие слоистые кристаллы, которые являются двуосными, химическая связь в слое между атомами (в тетраэдрах) ковалентная, а между слоями – ионная.

В результате проведенного нами физико-химического (ДТА, РФА, РСА и т.д.), микрозондового анализа выявлены соответствующие пределы ограниченных областей взаимной растворимости исходных трехкомпонентных соединений $TlB^{III} C_2^{VI}$ и $A^I B^{III} C_2^{VI}$ и твердых растворов систем [1], исследованы структурные, электрические свойства монокристаллов твердых растворов, определены возможности их практического применения.

С учетом особенностей исследования построенных нами диаграмм состояния подобраны оптимальные режимы синтеза и выращены крупные однородные монокристаллы указанных фаз переменного состава. Выращенные кристаллы, в начальной стадии изучения подвергались предварительному дифференциально-термическому, рентгено-фазовому и рентгено-структурному анализам и измерения удельной электропроводности полученных кристаллов по составу.

Для этого предварительно синтезировали тройные соединения систем CuInS2, TlInS2, AgInS2 прямым сплавлением элементов: (Tl-000), сера (ОСЧ-11,4), индий (In-000), медь (ОСЧ-11,4), серебро (ОСЧ-11,4) в вакуумированных до $1,3 \cdot 10^{-3}$ Па кварцевых ампулах методом двухтемпературного синтеза с вибрационным перемешиванием расплава при температуре на 50-70° С выше температуры плавления в течении 3-4 часов. Так как синтез вышеуказанных соединений проходит при высоких температурах, 900-1400 К внутренние стенки кварцевых ампул покрывали 8-10 слоями спектрально чистого углерода с целью недопущения взаимодействия кремния, входящего в состав кварцевой трубки из которой изготовлена ампула для синтеза и выращивания монокристаллов, с сплавами получаемых нами полупроводниковых соединений. Для гомогенизации, полученные образцы подвергались закалке в течение 200-400 часов. Однофазность сплавов контролировали методами дифференциально-термического (ДТА) и рентгенофазового (РФА) анализов.

Для определения характера взаимодействия в системах $A^I B^{III} C_2^{VI}$ - $TlB^{III} C_2^{VI}$ образцы $A^I x Tl_{1-x} B^{III} C_2^{VI}$ готовили сплавлением исходных лигатур по режиму, описанному выше. Проводили ДТА исходных соединений и сплавов (масса 1,5 г) в вакуумированных кварцевых ампулах (в сосудиках Степанова) на двухкоординатном самописце Н-306 с использованием термопары ПР-30/6, отградуированной в интервале температур 300-1450 К (дифференциальный сигнал термопары предварительно усиливался). Эталоном служила прокаленная окись алюминия. Помимо ДТА, образцы исследовались методом РФА на дифрактометре ДРОН-3 в CuKa – излучении (Ni-фильтр). Для установления области существования твердых растворов удельное сопротивление сплавов измерялось с использованием универсальных вольтметров. Для этого образцы в виде порошка запрессовывали в кварцевые капилляры диаметром 2,5 и длиной 10 мм, на тор-

цы которых напаивали индивидуальные контакты. Относительная ошибка при измерении удельного сопротивления составила 8-10%. По данным ДТА, РФА и измерений удельного сопротивления построены диаграммы состояния систем $\text{CuInS}_2\text{-TlInS}_2$, $\text{AgInS}_2\text{-TlInS}_2$. В результате проведенных исследований физико-химических свойств полупроводников твердых растворов системы $\text{CuInS}_2\text{-TlInS}_2$, $\text{AgInS}_2\text{-TlInS}_2$ измерено удельное сопротивление и построены две диаграммы состояния указанных выше псевдобинарных систем с замещением Tl на Cu, Ag.

Определена взаимная растворимость исходных компонентов при комнатной температуре, которая достигает 2,5 мол.% со стороны $\text{TlB}^{\text{III}}\text{C}_2^{\text{VI}}$ и 1 мол.% со стороны $\text{A}^{\text{I}}\text{B}^{\text{III}}\text{C}_2$. С учетом этих исследований разработана технология выращивания совершенных однородных крупноблочных монокристаллов исходных соединений и твердых растворов $\text{TlxA}_{1-x}\text{B}^{\text{III}}\text{C}_2^{\text{VI}}$. Все перечисленные диаграммы являются квазибинарными сечениями четвертых систем $\text{A}^{\text{I}}\text{-Tl-B}^{\text{III}}\text{-C}^{\text{VI}}$ и по характеру взаимодействия компонентов представляют собой эвтектические диаграммы с ограниченными областями твердых растворов от 1,5 до 3 мол.% со стороны $\text{TlB}^{\text{III}}\text{C}_2^{\text{VI}}$ и от 0,5 до 2 мол.% со стороны $\text{A}^{\text{I}}\text{B}^{\text{III}}\text{C}_2^{\text{VI}}$ (рис.1 а, б).

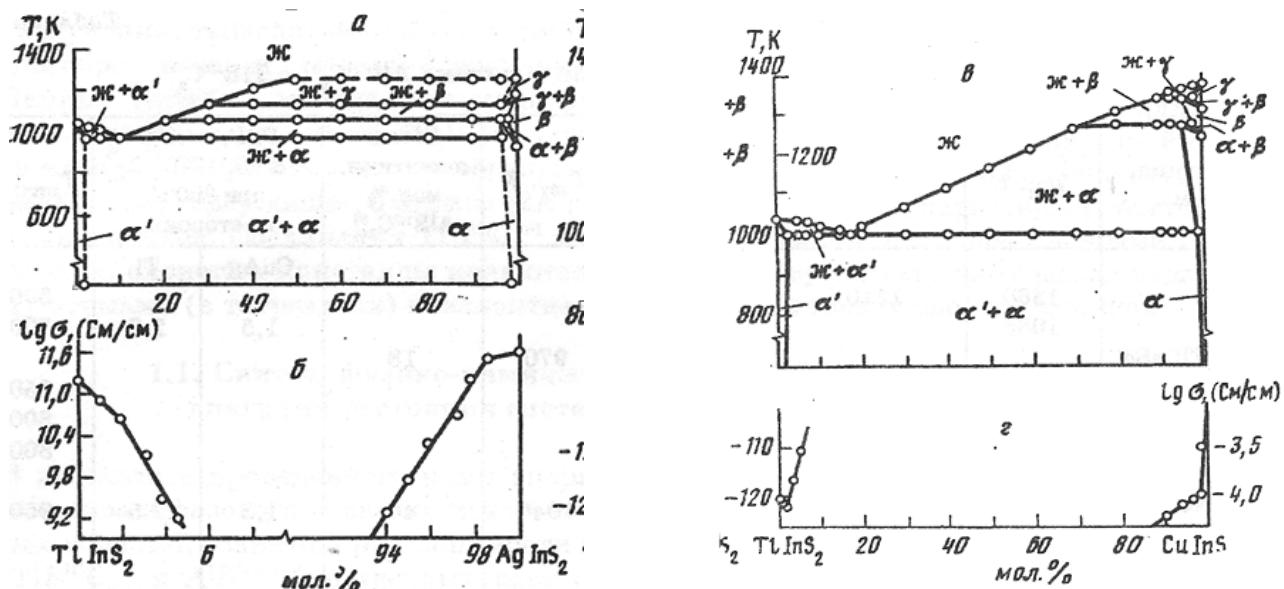


Рис.1. Диаграммы состояния $\text{TlInS}_2\text{-AgInS}_2$, $\text{TlInS}_2\text{-CuInS}_2$

При построении рентгенограмм (рис.1) для исследуемых сплавов проявились только линии принадлежащие либо системе исходного соединения TlInS_2 , либо системе линий CuInS_2 , AgInS_2 . При этом надо отметить, что рентгенограммы сплавов из областей твердых растворов не отличаются от рентгенограмм одного из исходных соединений, то есть содержат линии, принадлежащие либо TlInS_2 , либо CuInS_2 , AgInS_2 . Исследуемые нами сплавы образуют области взаимной растворимости при комнатной температуре, которую мы ограничиваем исходя из данных ДТА, РФА, РСА. Представленные нами диаграммы состояния (рис.1) относятся к четвертому типу превращений твердых растворов по Розебому. Твердые растворы на основе вышеуперечисленных соединений, как и сами исходные соединения, претерпевают фазовые переходы. Так у твердых растворов $\text{A}^{\text{I}}\text{x Tl}_{1-x}\text{B}^{\text{III}}\text{C}_2^{\text{VI}}$ наблюдаются полиморфные превращения, обусловленные, по-видимому, катион-катионным разупорядочением как в исходных соединениях. Из анализа диаграмм состояния систем (табл.1) следует, что взаимная растворимость соединений систем $\text{A}^{\text{I}}\text{B}^{\text{III}}\text{C}_2^{\text{VI}}$ - $\text{TlB}^{\text{III}}\text{C}_2^{\text{VI}}$ возрастает при переходе от Cu к Ag, то есть с уменьшением различия ионных радиусов A^+ и Tl^+ .

Большое внимание нами было удалено методам контроля состава полупроводниковых материалов. Одним из наиболее эффективных методов исследования неоднородности состава яв-

ляется электронно-зондовый микроанализ. В электронно-зондовом микроанализе рентгеновское излучение в исследуемом образце возбуждают электронным пучком. Химический состав кристаллов $Tl_{1-x}Cu_xInS_2$, $Tl_{1-x}Ag_xInS_2$ исследовался нами методом РСМА на микроанализаторе «Камебакс». Блок-схема установки показана на рис. 2. в качестве эталонов при определении состава кристаллов $TlInS_2$ чистых и легированных медью и серебром использовались образцы минерала лорандит, InAs и медь содержащий медный купорос. Рабочая энергия электронов необходимая для возбуждения линий TlMa (10.267 кэВ), InLa (3.286кэВ), SKa (2.307кэВ), JeKa (6.398кэВ) составила 20 кэВ. Ток поглощенных на образце электронов составил 35 нА, угол пробоотбора 180, а диаметр микрозонда – 1мкм. До применения материалов в качестве эталона нами было проверено соответствие их требованиям, необходимым для проведения исследований наших материалов. Образцы $Tl_{1-x}Cu_xInS_2$, $Tl_{1-x}Ag_xInS_2$ скальвали из монокристаллического слитка, ближе к оси ампул. Размеры образцов составляли от $1 \times 1 \times 0,3\text{мм}^3$ до $3 \times 3 \times 0,3\text{мм}^3$. Они имели зеркально-гладкую поверхность. Поэтому в шлифовке и полировке не было необходимости. Образцы в виде плоскопараллельных пластинок монтировались с помощью сплава Вуда в специальной кювете, позволяющей строго фиксировать координаты анализируемых участков. Для достижения проводимости проводились серебряные дорожки.

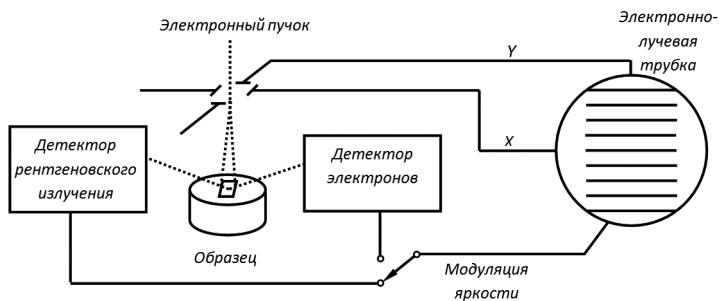


Рис. 2. Схема получения растрового изображения объекта в электронах и в рентгеновских лучах

Характер распределения отдельных компонентов $Tl_{1-x}Cu_xInS_2$ и $Tl_{1-x}Ag_xInS_2$ контролировался визуальным наблюдением анализируемых участков на экране осциллографа при съемке и токе поглощенных электронов в характеристических лучах.

Нарушения гомогенности в процессе выращивания монокристаллов $Tl_{1-x}Cu_xInS_2$ ($x=0; 0,005; 0,01; 0,015$), $Tl_{1-x}Ag_xInS_2$ ($x=0; 0,005; 0,01; 0,02$) методом Бриджмена – Стокбаргера, распределения атомов меди и серебра в основной матрице кристаллов изучался методом электронно-зондового микроанализа. На рис.3. показано растровое изображение участка поверхности $TlInS_2$: в токе поглощенных электронов (а) и в характеристическом рентгеновском излучении TlMa (б), InLa (в), SKa (г). Размер растра 200 мкм. Площадь анализируемого участка $200 \times 200\text{мкм}^2$. Размеры на рис. 3 соответствуют трехсоткратному увеличению этой площади. Для показа топографического распределения отдельных элементов использовали черно-белые фотоснимки. Изображение в характеристическом рентгеновском излучении получено следующим образом.

Система сканирования зонда по образцу (подобно системе сканирования луча по экрану телевизионной трубки) с модуляцией яркости пучка в электронно-лучевой трубке с сигналом с выхода рентгеновского спектрометра обеспечивает получение картины распределения элемента на экране трубки. Электронный зонд отклоняют с помощью электрических катушек, питаемых от генератора пилообразных колебаний, который вырабатывает синхронный сигнал, поступающий на электронно-лучевую трубку.

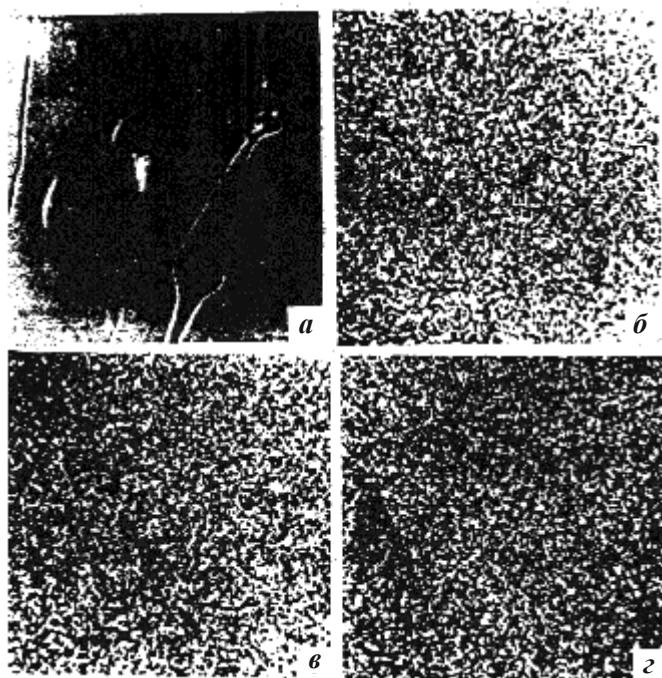


Рис. 3. Растровое изображение участка поверхности $TlInS_2$ в токе поглощенных электронов

Увеличение растрового изображения регулируют изменением амплитуды растра на образце. Картина на экране состоит из отдельных точек, каждая из которых соответствует импульсу, возникающему в детекторе при попадании в него рентгеновского фотона. Обычной скорости счета порядка нескольких сотен или тысяча импульсов в секунду отвечает значительный уровень шумов в растровом изображении, для получения картины достаточного высокого качества экран фотографируют с выдержкой в несколько минут. Белые участки на черно-белых изображениях соответствует высокой интенсивности рентгеновского излучения. Растровое изображение в тоне поглощенных электронов (рис.3) получено при модуляции яркости пучка в электроннолучевой трубке сигналом с выхода микроамперметра измеряющего ток поглощенных электронов в образце, т.е. ток электронов, стекающий с образца на землю. Как видно из рис.3 распределение компонентов в кристаллах $TlInS_2$ характеризуется высокой степенью однородности. Это подтверждает оптимальность выбранного режима выращивания монокристаллов $TlInS_2$. Как известно, направленный выбор условий кристаллизации (температуры в зонах, градиент температуры, скорость распространения фронта кристаллизации и т.д.) приводит к появлению большого количества структурных (объемных) дефектов. Наличие таких дефектов создает благоприятные условия для сегрегации легирующих примесей или одного из собственных компонентов. Отсутствие включений на рис.3 свидетельствует о равновесности жидкого расплава у фронта кристаллизации вплоть до полного затвердевания затравки. Характер распределения основных компонентов и легирующих примесей (меди, серебра) в кристаллах $Tl_{1-x}Cu_xInS_2$, где $x=0,005; 0,01; 0,015$, $Tl_{1-x}Ag_xInS_2$ где $x=0; 0,005; 0,01; 0,02$ нами проводились соответственно исследования соединения $TlInS_2$. Все попытки обнаружить включения меди и серебра оказались безуспешными, что говорит о равномерном распределении этих примесей в образцах. Этот качественный результат подтверждает результаты, изложенные в исследованиях различными методами (ДТА, РФА, МСА и др.) растворимости меди и серебра в кристаллах $TlInS_2$.

Изотропное распределение меди и серебра в $Tl_{1-x}Cu_xInS_2$ и $Tl_{1-x}Ag_xInS_2$ показывает четкость установления границ растворимости. Напомним, что кристаллы $Tl_{1-x}Cu_xInS_2$ ($x=0 \div 0,015$) и $Tl_{1-x}Ag_xInS_2$ ($x=0 \div 0,02$) выращивались методом Бриджмена-Стокбаргера в кварцевой ампуле при скорости опускания ампулы 0,9 мм/час. Процесс выращивания и последующего отжига

длился 12 дней при температуре 900–1150К. Как известно, кроме примесных дефектов в полупроводниках существенную роль играют также собственные дефекты, которые связаны с отклонениями состава в кристаллах от стехиометрического состава. Примером обработки результатов исследований могут служить кристаллы TlInS₂ (табл.1). Согласно табл.1 сравнение стехиометрической концентрации фактически показывает, что в кристаллах Tl_{1-x}CuxInS₂ (x=0; 0,005; 0,01; 0,015), Tl_{1-x}AgxInS₂ (x=0; 0,005; 0,01; 0,02) имеет место нарушение стехиометрии.

Таблица 1

Обработка результатов микроанализа кристаллов TlInS₂

№ обр	Серия	K %	Сэт. %	$I_{\text{эм}}^{\text{л}} - I_{\text{обр}}^{\phi}$	$I_{\text{обр}}^{\text{л}} - I_{\text{обр}}^{\phi}$	S	σ	ДК%
1	TlM _a	53.761	50.50	6100	5512	67	153	< 0.01
	InL _a	21.251	60.51	21053	7394	88	173	< 0.01
	SK _a	19.408	18.70	7554	7840	108	177	< 0.01
2	TlM _a	54.57	59.50	6171	5660	59	155	< 0.01
	InL _a	21.642	60.51	20725	7412	86	173	< 0.01
	SK _a	19.166	18.70	7937	8137	178	181	< 0.01

При определении стехиометрии состава предел обнаружения был не меньше 10-8%. Результаты исследования показывают, что во всех составах таллий и индий в избытке, а сера, медь и серебро – наоборот – меньше стехиометрической концентрации. Исключение составляют кристаллы с x=0,01 в Tl_{1-x}CuxInS₂ и x=0,02 в Tl_{1-x}AgxInS₂ наблюдается аномалия, т.е. таллий в обеих образцах меньше, а медь и серебро, во-вторых, образцах больше стехиометрии. Интересно отметить, что в этих кристаллах (x=0,01) и (x=0,02) отклонение концентрации индия от стехиометрии максимальная и достигает 1,682%, 1,53% соответственно. Наблюдаемые резкие аномалии в нарушении стехиометрии кристаллов Tl_{1-x}CuxInS₂ при x=0,01, x=0,02 для Tl1-xAgxInS2 можно объяснить только ошибкой при взвешивании компонентов. Процедура взвешивания таллии осложняется тем, что он в воздухе сильно окисляется. Во избежание окисления, таллий взвешивали в дистиллированной воде. С целью устранения влияния морфологии поверхности образца на результаты измерений электронно-зондового анализа проводился под различными углами отбора. Полученные результаты подтвердили достоверность приведенных данных.

Выводы:

В результате выполненных нами работ по исследованию физико-химических свойств полупроводниковых твердых растворов системы A^IB^{III}C₂^{IV}-TlB^{III}C₂^{IV} были проведены:

физико-химические, электронно-зондовые анализы на основе комплексных физических и физико-химических измерений (ДТА, РФА, РСА);

измерения удельного сопротивления;

построены диаграммы состояния двух псевдобинарных систем A^IB^{III}C₂^{IV}-TlB^{III}C₂^{IV} с замещением катионов Tl на Cu, Ag;

определенна взаимная растворимость исходных компонентов при комнатной температуре, которая достигает 2моль.% со стороны TlB^{III}C₂^{IV} и 1 моль.% со стороны A^IB^{III}C₂^{IV}.

С учетом этих исследований разработана технология выращивания совершенных однородных крупноблочных монокристаллов исходных соединений и твердых растворов Tlx A_{1-x} B^{III}C₂^{IV}.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Хамхоев Б.М., Торихоева З.С., Евлоев А.В., Ажигова А.А., Оздоева Е.В., Мархиева А.А.* Синтез и выращивание монокристаллов соединений $\text{Ag}_{1-x}\text{Tl}_x\text{InS}_2$, $\text{Cu}_{1-x}\text{Tl}_x\text{InS}_2$ // Сборник научных трудов ИнгГУ. Магас. 2021г. С.139–154.
2. *Матиев А.Х.* Фазовые равновесия и электронные свойства системы TlInSe_2 – CuInSe_2 . Дисс. на соискание уч. ст. доктора физ.-мат. наук. УлГУ, Ульяновск, 2005.
3. D. Cahen, R. Noufi. Appl. Phys. Lett. V.54, №6, 2018. PP.558–560.

Химия

Нефтехимия

Махмудбекова Э.Г., младший научный сотрудник, аспирант

Мусинова М.И., младший научный сотрудник

Головин А.Ю., старший научный сотрудник

Зайцева А.А., кандидат технических наук, младший научный сотрудник

(25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации)

ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ ИСКРОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЗАПРАВКЕ ТОПЛИВОМ ЕМКОСТИ, ЗАПОЛНЕННОЙ ПОРИСТЫМ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОМ

Приведены материалы исследований электростатической искробезопасности при заправке топливом емкости, заполненной пористым пенополиуретаном. Отмечены особенности формирования электростатических зарядов и возникновения разрядов статического электричества с поверхности пенополиуретана.

Ключевые слова: пенополиуретан, авиатопливо, заправка топливного бака, электризация топлива, электрический потенциал поверхности топлива, объемная скорость заправки, электростатическая искробезопасность.

Makhmudbekova E.G.

Musinova M.I.

Golovin A.Y.

Zaitseva A.A.

ELECTROSTATIC INTRINSIC SAFETY ASSESSMENT METHOD FOR FUEL TANKS FILLED WITH FOAMED POLYURETHANE THROUGHOUT REFUELING PROCESS

The article deals with the research of electrostatic intrinsic safety issues for the fuel tanks filled with foamed polyurethane during refueling process. The features of electrostatic charge formation and discharge inception on the foamed polyurethane surfaces have been distinguished.

Keywords: foamed polyurethane, aviation fuel, fuel tanking, fuel static-charge accumulation, electrical potential on the fuel surface, volumetric fill flow rate, electrostatic intrinsic safety.

На сегодняшний день электрические свойства топлива определяют искробезопасность процесса заправки им топливозаправщиков и летательных аппаратов. Случаи взрывов и пожаров, возникающих при эксплуатации авиационной техники из-за разрядов статического электричества, зарегистрированы как в России, так и за рубежом.

В настоящее время для защиты топливных баков от взрыва используется материал пенополиуретан (ППУ-30-100). ППУ-30-100 представляет собой сложный полиэфир светло-желтого

цвета с открытой пористой структурой, благодаря которой происходит подавление распространения пламени в случае возгорания топлива и предотвращение возможного взрыва в баке.

Данный материал имеет высокое электрическое сопротивление и может способствовать накоплению электростатического заряда при контакте с авиатопливом.

В связи с этим возникла необходимость оценить искробезопасность при заправке топливных баков, заполненных пенополиуретаном.

Испытания проводили на полномасштабном стенде, имитирующем систему заправки самолетов топливом с помощью автотопливозаправщика ТЗ-22. Принципиальная схема стенда приведена на рисунке 1 [3].

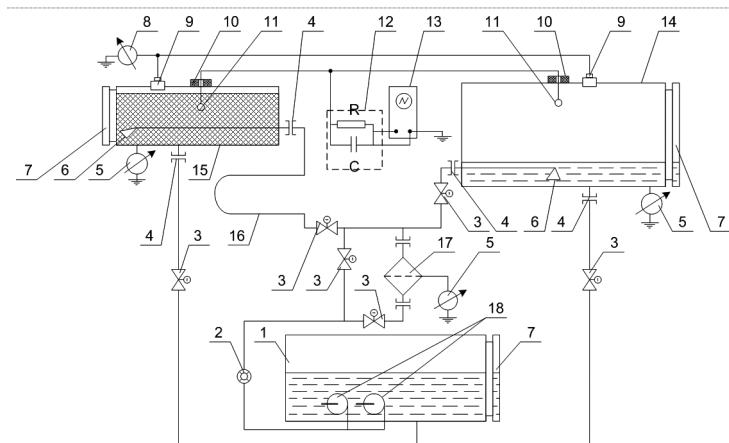


Рис. 1. Принципиальная схема стенда заправки топливом самолета: 1 – расходная емкость; 2 – датчик расхода; 3 – регулируемый кран; 4 – фторопластовый изолятор; 5 – микроамперметр; 6 – вводное устройство; 7 – уровнемер; 8 – ламповый вольтметр; 9 – датчик напряженности электрического поля; 10 – фторопластовый изолятор; 11 – электрод; 12 – цепочка RC (сопротивление и электрическая емкость); 13 – осциллограф; 14, 15 – заправляемые баки; 16 – заправочный шланг; 17 – фильтр тонкой очистки топлива; 18 – перекачивающие насосы

Топливная система стенда состоит из двух заправляемых топливных баков 14, 15, расходной емкости 1, перекачивающих насосов 18, топливопроводов. Один из заправляемых топливных баков 14 имел размеры ($2 \times 2 \times 1,2$) м, характерные для больших отсеков некоторых топливных баков самолетов. Другой бак 15 имел размеры ($1,65 \times 0,6 \times 0,6$) м и имитировал один из отсеков топливных баков самолетов. Этот топливный бак практически полностью заполнялся пенополиуретаном. Подачу топлива в каждый топливный бак осуществляли через применяемое в топливной системе самолета вводное устройство 6, расположенное в нижней части топливного бака. Слив топлива осуществлялся самотеком через топливопровод, оборудованный краном 3. Для контроля уровня топлива топливные баки оборудованы уровнемерами 7. Расходная емкость 1 объемом 5,5 м³ оборудована перекачивающими насосами 18. В магистрали стенда установлен фильтр тонкой очистки 17, входящий в комплект оборудования топливозаправщика. Производительность заправки измеряли с помощью датчика расхода ДР-20 2 и фиксировали цифровым указателем расхода ЦУР-1.

В испытаниях использовали топливо для реактивных двигателей ТС-1 с исходной удельной электропроводимостью от 3 до 6 пСм/м. Для повышения электропроводимости в топливо вводили мазут, имитирующий естественную загрязненность топлива. Перед экспериментом измеряли удельную электропроводимость топлива в расходной емкости прибором ЭЛ-4М и Емсее 1152 [3]. Затем топливо из расходной емкости 1 примерно с одинаковой скоростью перекачивалось поочередно в топливный бак, заполненный ППУ 15, или в металлический бак 14 с последующим сливом в расходную емкость 1.

В процессе заправки измеряли объемную скорость заправки, температуру топлива, силу токов, стекающих с бака и фильтра, количество электричества, перенесенного в разряде, удельную электропроводимость топлива. Для обеспечения возможности измерения силы токов, стекающих с топливного бака и фильтра, характеризующих степень генерации заряда в топливе, заправляемый топливный бак и фильтр с помощью фторопластовых вставок 4 были изолированы от топливопроводов и заземлены через микроамперметры М-95 5. Для определения электрических потенциалов поверхности топлива и ППУ использовали динамический датчик напряженности электрического поля 9, установленный в центре крышки топливного бака. Показания датчика напряженности фиксировались с помощью лампового вольтметра ВЗ-13 8. Значение перенесенного заряда с поверхности топлива и ППУ определяли с помощью RC-цепи (сопротивление и емкость, включенные параллельно), соединенной с цепью электрода заземления 11. Возникающие при разрядах импульсы напряжения на RC-цепи регистрировали с помощью электронно-лучевого осциллографа С8-11 13.

В данных испытаниях, согласно [1, 4], использовали стальной электрод диаметром 20 мм. Электрод в топливном баке без ППУ устанавливали на уровне 75–80 см по высоте топливного бака, соответствующем наибольшей силе тока разряда между поверхностью топлива и металлическим электродом. Для оценки места установки электрода в топливном баке с ППУ производили его заправку с измерением электрического потенциала по уровню заполнения топливного бака топливом. Электрод устанавливали в том месте, где зафиксирован наибольший электрический потенциал. После установки электрода производились заправки топливного бака, заполненного ППУ с объемной скоростью 800 л/мин, соответствующей приемной способности топливных баков изделия 114 ТС.

Вначале прокачивали топливо с исходной электропроводимостью, обусловливающей наибольшую электризуемость топлива [2] и достигаемой путем добавления в него мазута. Электростатическую искробезопасность при заправке топливного бака с ППУ оценивали путем сравнения максимальных значений силы тока при разряде, полученных в данных условиях, с предельно допустимым значением [2–8].

В процессе испытаний было выполнено 175 экспериментов с объемной скоростью заправки топливного бака с ППУ, составляющей 800 л/мин, и топливного бака без ППУ, равной 1000 л/мин, возможной в условиях эксплуатации авиационной техники: нижнем способе подачи топлива в топливный бак (то есть через патрубок, расположенный в нижней части топливного бака); температуре топлива в диапазоне 10–20°C; удельной электропроводимости 3–36 пСм/м.

Результаты испытаний приведены на рисунке 2. Экспериментальные данные, приведенные на рисунке 2 в виде зависимости электрического потенциала (ϕ) поверхности ППУ от уровня топлива в топливном баке (H_t), показывают, что максимальный потенциал зафиксирован на уровне 55–60 см по высоте топливного бака, то есть практически в конце заправки. Эти данные отличаются от полученных ранее [4] для топливных баков без ППУ, в которых наибольшее значение электрического потенциала поверхности топлива наблюдалось примерно в середине топливного бака [4].

Исследования показали, что в топливном баке с ППУ, в отличие от металлических баков, в связи с диэлектрическими свойствами ППУ не происходит нейтрализация электростатических зарядов из объема топлива, поэтому отмечается рост значения потенциала до полного заполнения топливного бака.[4] Пористая структура ППУ в баке, точнее, распределение электростатических зарядов топлива в поровой структуре ППУ, существенным образом влияет на формирование разрядов в топливном баке с ППУ.

Далее были проведены многократные заправки топливного бака с ППУ со скоростью 800 л/мин при изменении удельной электропроводимости топлива в диапазоне значений от 3 до 36 пСм/м с целью определения оптимального уровня электропроводимости, соответствующего наибольшей электризации топлива.

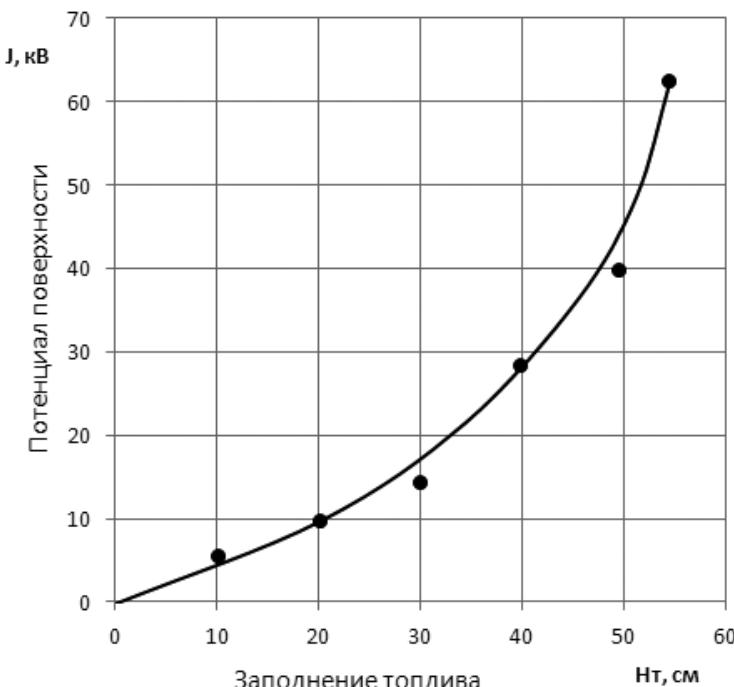


Рис. 2. Зависимость изменения электрического потенциала поверхности ППУ φ , кВ, от уровня заполнения топливом бака H_t , см, при скорости заправки 800 л/мин, удельной электропроводимости топлива 32,1 нСм/м

Увеличение потенциала, имеющее место в топливном баке с ППУ, возможно, происходит за счет электризации топлива при протекании его через пенополиуретан.

Выявленный факт электризации топлива при контакте его с ППУ подтверждается экспериментами, в которых заправка топливного бака осуществлялась по схеме, исключающей электризацию на фильтре (то есть минуя фильтр). Кроме того, в качестве подтверждения вышесказанного может являться то, что при сливе топлива из бака с ППУ после его заправки наблюдалось повышение потенциала до 30÷35 кВ, что не имело места при сливе топлива из топливного бака без ППУ [4].

Следует отметить, что несмотря на существенную величину потенциала поверхности полиуретана (свыше 50 кВ), измеренную при заправке топливом бака с ППУ, величины перенесенных зарядов в разрядах зафиксированы от 0,004 до 0,051 мККл. Указанные значения зарядов в 4 раза и более меньше предельно допустимой, равной 0,2 мККл для топлива типа РТ. Такая разница в величине силы тока разряда обусловлена тем, что формирование разряда и его величина, вероятно, зависят от свойств материала, с которого стекает разряд статического электричества [4], и распределения электростатических зарядов топлива в поровой структуре ППУ.

Таким образом, в испытаниях была проведена оценка электростатической искробезопасности при заправке топливом топливного бака, заполненного ППУ и имитирующего один из отсеков бака самолета, через нижний штуцер с объемной скоростью 800 л/мин, в результате которой установлено, что в данных условиях заправки электростатическая искробезопасность обеспечивается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон РФ от 21.12.1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» // Пожарная безопасность. Сборник нормативных документов. – М.: ГроссМедиа, 2006. – с. 3–24;
2. В.Г. Петухов, Н.Е. Сыроедов, Э.Г. Махмудбекова. Нейтрализация электростатических зарядов светлых нефтепродуктов с помощью фильтра с минимально электризующими свой-

- ствами. Сборник трудов № 58 ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России». – М., 2018. – 703 с.;
3. *Сыроедов Н.Е., Петухов В.Г., Шарыкин Ф.Е., Махмудбекова Э.Г.* Оценка опасности электризации нефтепродуктов при верхней и нижней заправке емкостей // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2017. – № 7. – с. 45–48.;
 4. *Сыроедов Н.Е., Петухов В.Г., Шарыкин Ф.Е., Махмудбекова Э.Г.* Исследования влияния конструкции топливных баков воздушных судов на накопление электростатического заряда при заправке. Научный вестник МГТУГА № 217, – 2015, – с.119.

Биологические науки
Физико-химическая биология

Биотехнология

Доан Тху Тхуи, кандидат биологических наук, доцент

(Вьетнамский национальный сельскохозяйственный университет, Вьетнам)

Калашникова Е.А., доктор биологических наук, профессор

Зайцева С.М., кандидат биологических наук, доцент

Киракосян Р.Н., кандидат биологических наук, доцент

Белевцова А.С.

Берковская И.А.

(Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

**ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПОЛИФЕНОЛОВ В ПОКРОВНЫХ ТКАНЯХ
ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ *DIOSCOREA CAUCASICA LIPSKY,*
*TAXUS CANADENSIS MARSH, GINKGO BILOBA***

Изучали локализацию растворимых фенольных соединений в покровных тканях лекарственных растений. Полифенолы локализовались в клеточных стенках, межклетниках и эпидермальных, и экзогенных выделительных тканей.

Ключевые слова: фенольные соединения, локализация, диоскорея, тисс, гинкго

Doan Thu Thuy

Kalashnikova E.A.

Zaytseva S.M.

Kirakosyan R.N.

Beleatsova A.S.

Berkovskaya I.A.

**LOCALIZATION OF POLYPHENOLS IN THE INTEGUMENTARY TISSUES
OF MEDICINAL PLANTS *DIOSCOREA CAUCASICA LIPSKY, TAXUS
CANADENSIS MARSH, GINKGO BILOBA***

The localization of soluble phenolic compounds in the integumentary tissues of medicinal plants was studied. Polyphenols were localized in the cell walls, intercellular cells, and epiblasts of epidermal and exogenous excretory tissues.

Keywords: Phenolic compounds (Polyphenols), localization, *Dioscorea caucasica Lipsky*, *Taxus canadensis Marsh*, *Ginkgo biloba*

Фенольные соединения являются активными метаболитами в растительном организме, участвуют в процессах фотосинтеза, дыхания, трансдукции энергии, а также защиты клеток от па-

тогенов и разных стрессовых факторов. Биосинтез и накопление вторичных соединений, отличается пластичностью и зависит от видовой принадлежности растений, его органа и стадии онтогенеза [1]. Изучаемые нами растения объединяют высокая биосинтетическая способность к образованию фенольных соединений – биофлаваноидов. Большое практическое значение приобретает изучение фенольного метаболизма ценных исчезающих видов, как возможного источника биологически активных веществ и лекарственных препаратов обладающих широким терапевтическим спектром включая противоопухолевой активностью [2].

Методы и материалы

Материалом для работы служили интактные растения диоскореи кавказской (*Dioscorea caucasia Lypsky.*), тисса канадского *Taxus canadensis Marsh* и Гинкго Билоба *Ginkgo biloba* произрастающие в природных условиях и на территории Московского региона.

Для гистохимического анализа растительный материал резали при помощи микротома (срез 25 мкм). Локализацию определяли гистохимическими методами: на сумму фенольных соединений материал окрашивали 0,08% раствором реактива Fast Blue, для изучения локализации флаванов использовали реакцию с ванилиновым реагентом в парах соляной кислоты. Препараты просматривали с помощью светового микроскопа [3].

Результаты и обсуждения

Полифенолы повсеместно присутствующие в тканях растений, могут иметь различную локализацию, обусловленную выполняемыми функциями. Основной задачей исследований было выяснение особенностей локализации полифенолов в покровных тканях, выполняющих множественную защитную функцию, начиная от барьера для фитопатогенов и вредителей заканчивая фотопротекторной. Так как флаваны являются наиболее реакционно-способными веществами фенольной природы и играют роль низкомолекулярных антиоксидантов, защищающих клетки от последствий стрессового воздействия, выяснение локализации этого класса полифенолов, отдельно от суммы растворимых фенольных соединений для нас было особенно актуально.

Ранее нами было показано, что исследуемые растения обладают высокой способностью к синтезу полифенолов различного строения [4]. Специфические гистохимические реакции позволили обнаружить эти вещества в эпидермальных тканях в клеточных стенках, межклетниках и в специализированных фенол-запасающих эпифластиках (Рис 1). В клетках эпидермиса встречаются обособленные эпифластики с гранулированными включениями. Эпифластики имеют большую центральную вакуоль, в полости которой содержатся фенольные соединения в виде гранулированных включений (Рис. 1 А,С). Полифенолы локализовались в микровакуолях цитоплазмы (Рис.1С), в межклетниках и клеточных стенках (Рис.1В). В замыкающих клетках устьиц отмечены флаваны (Рис.1Д). Гистохимические исследования показали, что флаваны являются majorными компонентами фенольного комплекса покровных тканей (Рис.1Е).

ЛИТЕРАТУРА

1. Запрометов М.Н. Фенольные соединения и их роль в жизни растения. LVI Тимирязевские чтения. М.: Наука. 1996. 45с.
2. Куркин, В.А. Фенилпропаноиды–перспективные природные биологически активные соединения // Самара: Изд. Гос. Мед. Ун-т. 1996.- С. 31–37.
3. Soukupova J., Cvirkova M., Albrechtova J.. Histochemical and Biochemical Approaches to the Study of Phenolic Compounds and Peroxidases in Needles of Norway Spruce (*Picea abies*) // New Phytol. 2000. V. 146. P.403–414
4. Зайцева С.М., Доан Тху Тхуи, Калашикова Е.А. Локализация фенольных соединений в клетках и тканях растений разных таксономических групп // Актуальные вопросы ветеринарной биологии, №3 (39), 2018 С 52–58

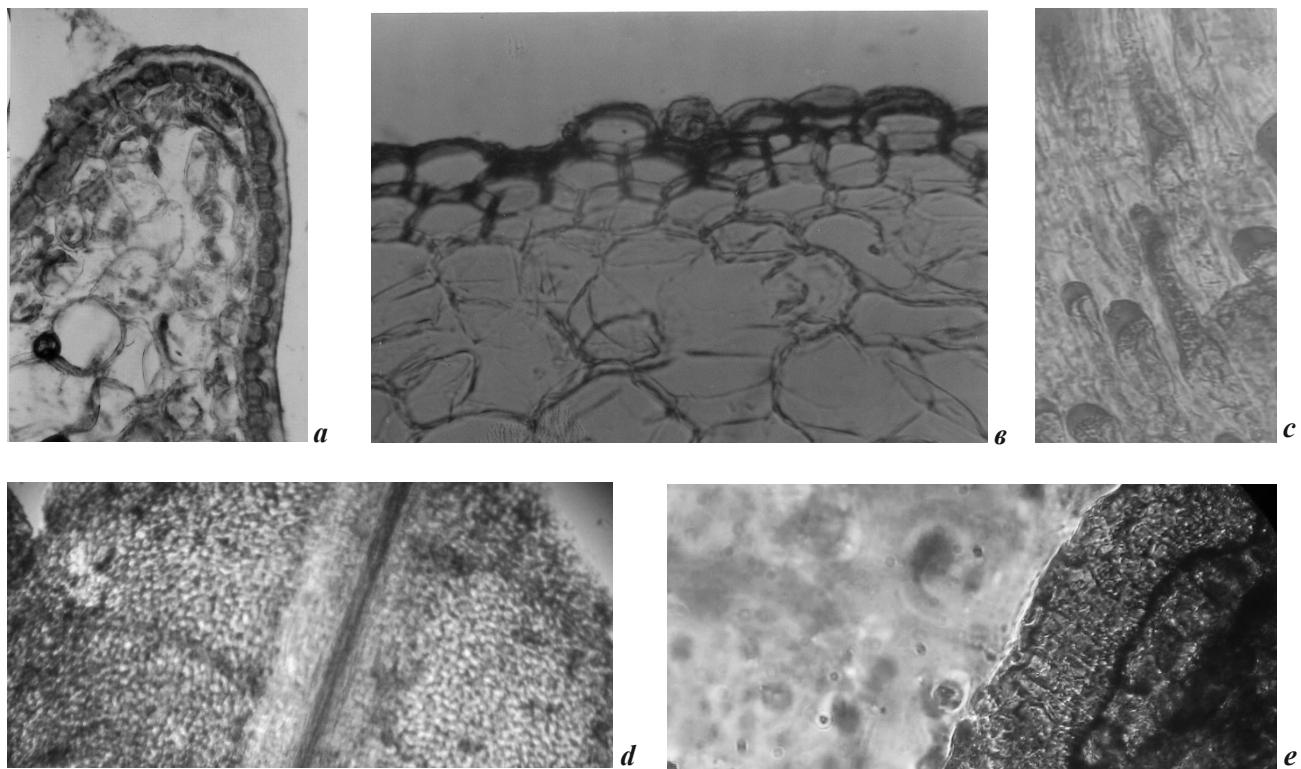


Рис. 1. Локализация фенольных соединений: А – лист тисса; В - корень тисса; С – лист гинкго; D, Е - лист диоскореи; – в листе микроклона (А,В, - реакция на сумму растворимых фенольных соединений С, D, Е- реакция на флаваны,)

Общая биология

Ботаника

Ломова В.В.

Ландык В.М.

Кольцова Л.А.

(Дальневосточный федеральный университет)

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ СЕМЕЙСТВА АСТРОВЫЕ (ASTERACEAE DUMORT.) ЮГА ПРИМОРСКОГО КРАЯ

В статье рассмотрены лекарственные растения сем. Астровые юга Приморского края. Отмечено, что большая часть видов произрастает на лугах,rudеральных местообитаниях и в качестве сорно-полевых растений. В условиях региона наиболее распространенными лекарственными растениями являются виды рода Artemisia L.

Ключевые слова: астровые, лекарственные растения, травянистые растения, Приморский край.

Lomova V.V.

Landyk V.M.

Koltsova L.A.

MEDICINAL PLANTS OF ASTERACEAE DUMORT. OF THE SOUTH OF PRIMORYE TERRITORY

The article presents the species composition of medicinal plants of Asteraceae Dumort. of the south of Primorye Territory. It is noted that most of the species grow in meadows, ruderal habitats and as field weeds. In the conditions of the region, the most common medicinal plants are species of the genus Artemisia L.

Keywords: Asteraceae, medicinal plants, herbaceous plants, Primorye Territory.

Введение

Семейство Asteraceae Dumort. – одно из самых высокоорганизованных семейств растительного царства. Представители семейства легко приспосабливаются к изменяющимся условиям среды обитания, стремительно захватывают новые территории.

Во флоре Приморского края семейство Asteraceae является одним из крупнейших. Оно представлено более 300 видами из 95 родов. Наибольшее число видов насчитывается в родах *Artemisia* L., *Taraxacum* Wigg., *Saussurea* DC., *Aster* L., *Senecio* L. Это, в основном, растения, имеющие широкий ареал или являющиеся заносными, родиной которых является европейская часть страны: одуванчик (*Taraxacum officinale* Web.), сушеница (*Gnaphalium uliginosum* L.), пижма (*Tanacetum vulgare* L.), ромашка (*Matricaria recutita* L.) и др. В Приморье эти растения широко распространились и могут служить надежной базой для получения лекарственного сырья. Другая часть лекарственных астровых Приморья являются викарными видами, т.е. филогенетически близкими видами, введенными в официальную медицину.

Методика исследования

Исследования проводились в вегетационный период с 2018–2020 гг. на юге Приморского края. Определение растений проводилось по определителю растений Приморья и Приамурья [1]. Отбор растений производился по следующим критериям: встречаемость и обилие, экологическая чистота участков произрастания, используемость в народной или официальной медицине.

Результаты исследования

На юге Приморского края произрастает 33 вида лекарственных растений сем. Астровые, относящихся к 22 родам (табл. 1).

Таблица 1

Лекарственные растения сем. Астровые юга Приморского края

№ п/п	Род	Вид
1.	Achillea L.	<i>Achillea asiatica</i> Serg. (Тысячелистник азиатский)
		<i>A. millefolium</i> L. (Тысячелистник обыкновенный)
2.	Achyrophorus Scop.	<i>Achyrophorus ciliatus</i> (Thunb.) (Прозанник реснитчатый)
3.	Ambrosia L.	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. (Амброзия полыннолистная)
4.	Artemisia L.	<i>Artemisia stolonifera</i> (Maxim.) Kom. (Полынь побегоносная)
		<i>A. gmelinii</i> Web. ex Stechm. (Полынь Гмелина)
		<i>A. mongolica</i> (Fisch. ex Bess.) Nakai. (Полынь монгольская)
		<i>A. vulgaris</i> L. (Полынь обыкновенная)
		<i>A. commutata</i> Bess. (Полынь замещающая)
		<i>A. scoparia</i> Waldst. et Kit. (Полынь веничная)
5.	Arctium L.	<i>Arctium lappa</i> L. (Лопух обыкновенный)
		<i>A. tomentosum</i> Mill. (Лопух Войлочный)
6.	Aster L.	<i>Aster tataricus</i> L. (Астра татарская)
7.	Atractylodes L.	<i>Atractylodes ovata</i> Thunb. (Ветренник яйцевидный)
8.	Bidens L.	<i>Bidens tripartita</i> L. (Череда трехраздельная)
		<i>B. radiata</i> Thuill. (Череда лучевая)
9.	Cacalia L.	<i>Cacalia hastata</i> L. (Недоспелка копьевидная)
10.	Carduus L.	<i>Carduus crispus</i> L. (Чертополох курчавый)
11.	Centaurea L.	<i>Centaurea cyanus</i> L. (Василёк синий, посевной)
12.	Crepis L.	<i>Crepis tectorum</i> L. (Скерда кровельная)
13.	Cichorium L.	<i>Cichorium intybus</i> L. (Цикорий обыкновенный)
14.	Cirsium Mill.	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop. (Бодяк полевой)
15.	Erigeron L.	<i>Erigeron canadensis</i> L. (Мелколепестник канадский)
16.	Matricaria L.	<i>Matricaria inodora</i> L. (Ромашка непахучая)
17.	Leibnitzia Cass.	<i>Leibnitzia anandria</i> (L.) (Лейбницаия бестычинковая)
18.	Leontodon L.	<i>Leontodon autumnale</i> L. (Кульбаба осенняя)
19.	Leontopodium R. Br.	<i>Leontopodium leontopodioides</i> (Willd.) (Эдельвейс эдельвейсовидный)
20.	Serratula L.	<i>Serratula manshurica</i> Kitag. (Серпуха маньчжурская (венечная))
21.	Sonchus L.	<i>Sonchus arvensis</i> L. (Осот полевой)
		<i>S. oleraceus</i> L. (Осот огородный)

22.	Taraxacum Wigg.	<i>Taraxacum officinale</i> Web. (Одуванчик лекарственный)
		<i>T. mongolicum</i> Hand.-Mazz. (Одуванчик монгольский)
		<i>T. multiseptum</i> Kitam. (Одуванчик многорассеченный)

Большинство вышеуказанных видов – травянистые растения и только один вид – полынь Гмелина (*Artemisia gmelinii*) – полукустарник. Все виды имеют широкое распространение [1–2], произрастают преимущественно на лугах, рудеральных местообитаниях или в качестве сорных растений [3–6]. Исключение составляют: ветренник яйцевидный (*Atractylodes ovata*), недоспелка копьевидная (*Cacalia hastate*) и серпуха маньчжурская (*Serratula manshurica*).

Представители этого семейства обладают высокой жизнеспособностью, устойчивостью к вредителям и болезням. Растения этого семейства вырабатывают и накапливают большее количество биологически активных веществ, обладающих антибактериальным, фунгицидным действием и аллелопатическим эффектом. Именно эти вещества используются человеком в качестве лекарства с противовоспалительным, успокаивающим действием, витаминных добавок, а так же как противораковые средства. Однако, следует учитывать, что астровые как и многие другие растения способны поглощать токсические вещества из почвы и воды, поэтому для лекарственных целей следует заготавливать растительное сырье в экологически чистых зонах.

Выводы

1. Во флоре юга Приморского края нами было выделено 33 вида лекарственных растений относящихся к 22 родам сем Астровых (Asteraceae). Наиболее распространенными являются виды рода полынь (*Artemisia*).
2. Большая часть видов произрастает на лугах, рудеральных местообитаниях и в качестве сорно-полевых растений. Только три вида характерны для напочвенного покрова дубовых лесов.
3. В процессе исследования мы выяснили, что 80% видового состава сем Астровых (Asteraceae) можно отнести к лекарственным, если учитывать рецепты восточной медицины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев Д.П., Ворошилов В.Н., Горовой П.Г., Шретер А.И. Определитель растений Приморья и Приамурья. – М.-Л.: Наука, 1966. – 492 с.
2. Сосудистые растения Советского Дальнего Востока / Под ред. С.С. Харкевича. – С-Пб., 1992. – Т. 6. – 428 с.
3. Белов А.Н. К вопросу озеленения города Уссурийска // Животный и растительный мир Дальнего Востока. Уссурийск: УГПИ, 2000. – Вып. 4. – С. 137–138.
4. Белов А.Н., Репши Н.В., Ландык В.М., Ломова В.В. Формирование первичного напочвенного покрова на минерализованных почвогрунтах буроугольных отвалов Приморского края // Естественные и технические науки, 2020. – № 3 (141). – С. 73–75. DOI: 10.25633/ETN.2020.03.04
5. Репши Н.В., Кольцова Л.А., Ландык В.М. Формирование напочвенного покрова нарушенных земель пос. Новошахтинск (Приморский край) // Естественные и технические науки, 2020. – № 12 (150). – С. 103-104.
6. Belov A., Repsh N., Berseneva S., Demidenko E., Landyk V., Lomova V. Restoration of ecological and geological systems of disturbed lands of South Primorye // E3S Web of Conferences, 2020. – Vol. 175, 06013. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017506013>

**Щербатова А.Ф., кандидат биологических наук, доцент
(Кубанский государственный университет)**

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФЛОРЫ ЕСТЕСТВЕННЫХ МАЛОНАРУШЕННЫХ МЕЛКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ КУЗНЕЦКОЙ КОТЛОВИНЫ (КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Проведен анализ современного состояния флоры малонарушенных мелколистевых лесов, сильно освоенной в промышленном отношении, Кузнецкой котловины. В мелколистенных лесах выявлено 390 видов растений, относящихся к 230 родам и 66 семействам. Наиболее богатыми в видовом отношении являются семейства: Asteraceae, Poaceae и Rosaceae.

В ареалогическом отношении доля видов евразийской группы ареалов составляет 55,9%; на долю видов с азиатским типом ареалов приходится 20%; на виды голарктической группы ареалов приходится 21,8%. Самой малочисленной группой является мультирегиональная, на долю которой приходится лишь 2,3% от общего видового состава флоры.

Результаты экологического анализа показали значительное преобладание мезофитов (46,7%), над видами, приуроченными к местообитаниям с избыточным увлажнением (гигрофиты, мезогигрофиты и гидрофиты), на их долю приходится 31,5%. Ксерофиты и мезоксерофиты составляют 33,1% от общего числа видов флоры.

Ключевые слова: Алтай-Саянская горная область; Кузнецкая котловина; флора; экологический анализ, видовой состав.

Shcherbatova A.F.

THE CURRENT STATE OF THE FLORA OF NATURAL INTACT SMALL-LEAVED FORESTS OF THE KUZNETSK DEPRESSION (KEMEROVO REGION)

The analysis of the current state of the flora of intact small-leaved forests, heavily developed industrially, of the Kuznetsk depression carried out. In small-leaved forests, 390 plant species belonging to 230 genera and 66 families have been identified. The richest in terms of species are the families: Asteraceae, Poaceae and Rosaceae.

Arealogically, the share of species of the Eurasian group of ranges is 55.9%; the share of species with the Asian type of habitats accounts for 20%; the species of the Holarctic group of habitats account for 21.8%. The smallest group is multi-regional, which accounts for only 2.3% of the total species composition of the flora.

The results of ecological analysis showed a significant predominance of mesophytes (46.7%), over species confined to habitats with excessive moisture (hygrophytes, mesohygrophytes and hydrophytes), their share is 31.5%. Xerophytes and mesoxerophytes make up 33.1% of the total number of flora species.

Keywords: Altai-Sayan region; Kuznetsk depression; Flora; ecological analysis, species composition.

Введение

Деградация естественных экосистем является одной из издержек деятельности человека, которая связана с его экономическими, рекреационными и культурными интересами. Снижение биоразнообразия и нарушение нормального функционирования природных сообществ – неизбежные последствия не обдуманного природопользования, особенно в индустриально развитых регионах.

Кузнецкая котловина – одна из межгорных котловин Алтай-Саянской горной области. В настоящее время территория котловины значительно антропогенно трансформирована в связи с развитием горнодобывающей и металлургической промышленности. Однако здесь еще можно обнаружить фрагменты мелколистевых (березовых и березово-осиновых) лесов. В сло-

жившихся условиях, эти небольшие участки лесов исполняют роль очистителей и оздоровителей окружающей среды, оказывают климатообразующее влияние, препятствуют изменению ландшафта, выполняя противоэрозионную функцию.

В настоящее время площади мелколиственных лесов неуклонно сокращаются в результате деятельности человека, так как они находятся в непосредственной близости от предприятий горнодобывающей промышленности.

Актуальность изучения малонарушенных растительных сообществ определяется необходимостью сохранения сокращающихся участков живой природы, для улучшения качества природной среды, а также для рационального хозяйствования и создания устойчивых, высокопродуктивных экосистем.

Более трехсот лет большое количество ученых и естествоиспытателей занимаются изучением флоры и растительности Кемеровской области. Со второй половины XX века, в разные годы, изучением растительного покрова Кемеровской области активно занимаются ученые из Новосибирска, Томска, Кемерово, Новокузнецка: Крапивкина Э.Д., Красноборов И.М., Седельников В.П., Лашинский Н.Н. мл., Гуляева А.Ф. и др. [2-5,6,8].

Несмотря на хорошую изученность территории области, существующие сведения о малонарушенных мелколиственных лесах Кузнецкой котловины очень фрагментарны и не дают представления об их флористическом разнообразии и экологических особенностях.

Цель исследования – выявить особенности современного состояния флоры малонарушенных мелколиственных лесов Кузнецкой котловины.

Материалы и методы

Объектом исследования является флора малонарушенных мелколиственных лесов Кузнецкой котловины.

Исследования проводились в течение 2012–2019 гг. маршрутным методом, с последующим составлением общих списков. Рекогносцировочные работы позволили выделить на территории Кузнецкой котловины ключевые полигоны, представляющие наиболее интересные местообитания в лесных сообществах, по признакам рельефа.

Для этого были проанализированы топографические карты (масштаб 1:25000) и спектро-зональные космические снимки среднего и высокого разрешения.

Видовая принадлежность гербарных образцов устанавливалась по «Определителю растений Кемеровской области» [7]. Для экологического анализа флоры использовали классификацию Б.А. Быкова [1]. Биоморфологический анализ проведен по И.Г. Серебрякову [9], распределение растений по происхождению производилось по А.Л. Тахтаджяну [10].

Результаты и обсуждение

При исследовании малонарушенных мелколиственных лесов Кузнецкой котловины, зарегистрировано 390 видов сосудистых растений, относящихся к 230 родам и 66 семействам. Изучаемая флора характеризуется преобладанием цветковых растений (94,6%). На двудольные растения приходится 76,8%, на однодольные 17,8%. Группы сосудистых споровых и голосеменных растений представлены не значительно, и включают 16 видов (4,1%) и 5 видов (1,3%) соответственно. Десять ведущих семейств включают в себя 60,3% видового состава (таблица 1). Ведущими по количеству видов являются такие семейства как Asteraceae, Poaceae и Rosaceae, что является характерной особенностью большинства boreальных флор.

Таблица 1

Количественный состав ведущих семейств флоры малонарушенных мелколиственных лесов Кузнецкой котловины

Семейство	Количество видов	Количество видов от общего состава, %
<i>Asteraceae</i>	50	12,8
<i>Poaceae</i>	32	8,2
<i>Rosaceae</i>	30	7,7
<i>Ranunculaceae</i>	27	6,9
<i>Fabaceae</i>	23	5,9
<i>Apiaceae</i>	18	4,6
<i>Caryophyllaceae</i>	16	4,1
<i>Lamiaceae</i>	15	3,8
<i>Liliaceae</i>	13	3,3
<i>Scrophulariaceae</i>	12	3
Всего:	236	60,3

Географический анализ показал (рисунок 1), что преобладающее положение по количеству видов занимает евразийская группа ареалов – 218 видов (55,9%). В этой группе выделяются евразийские виды (160), евро-сибирские (28), евро-западноазиатские (17) и евразийско-атлантические (13). Виды с азиатским типом ареалов составляют 20,0% (78 видов) от общего видового состава флоры. В этой группе можно выделить виды азиатского распространения (42), североазиатского ареала (21), южносибирские (11), западноазиатские (3) и восточноазиатские, представленные 1 видом. Голарктическая группа ареалов включает 85 видов (21,8%). Мультирегиональная группа включает 9 видов (2,3%).

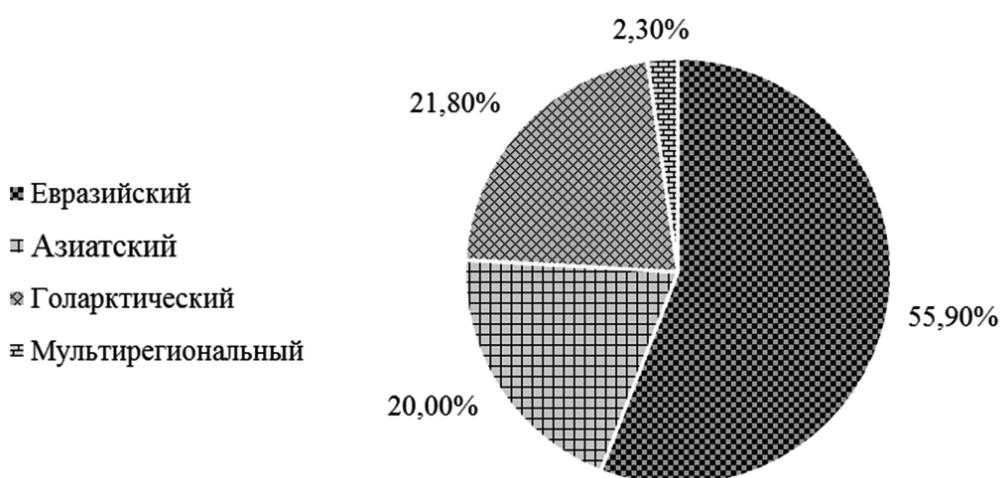


Рис. 1. Географический анализ флоры малонарушенных мелколиственных лесов Кузнецкой котловины

Результаты биоморфологического анализа показали, что древесные и полудревесные растения представлены 36 видами, что составляет 9,2%. Среди древесных растений можно выде-

лить: деревья (9 видов), кустарники (21 вид), кустарнички (5 видов). Преобладающее положение в сообществах мелколиственных лесов Кузнецкой котловины занимают наземные травянистые растения. Данная группа включает 354 вида, что составляет 90,8% от общего видового разнообразия. Среди наземных травянистых растений основную массу составляют короткокорневищные (226 видов) и длиннокорневищные (92 вида) биоморфы.

На зональную принадлежность флоры указывает преобладание короткокорневищных и длиннокорневищных жизненных форм над травянистыми многолетниками с другими биоморфологическим признаками. Как правило, к лесостепным сообществам в основном тяготеют короткокорневищные многолетники, к таежным сообществам – длиннокорневищные.

Проведенный экологический анализ флоры малонарушенных мелколиственных лесов Кузнецкой котловины позволил выделить 6 экологических групп. Экологический спектр показал значительное преобладание мезофитов – 46,7% (182 вида). Растения, приуроченные к местообитаниям с избыточным увлажнением, такие как гигрофиты, мезогигрофиты и гидрофиты составляют 31,5% (123 вида) всего видового состава. Группа ксерофитов и мезоксерофитов включает 85 видов – 33,1% от общего числа видов.

Заключение

При изучении малонарушенных мелколиственных лесов Кузнецкой котловины, выявлено 390 видов сосудистых растений, относящихся к 230 родам и 66 семействам. Ведущими по количеству видов являются семейства: *Asteraceae*, *Poaceae* и *Rosaceae*. Спектр ведущих семейств указывает на принадлежность флоры мелколиственных лесов к типу флор бореальной области.

Географический анализ показал, что на долю видов евразийской группы ареалов приходится 55,9%. Виды с азиатским типом ареалов составляют 20% от общего видового богатства флоры. На долю голарктической группы ареалов приходится 21,8% видов. Самой малочисленной группой ареалов является мультирегиональная, на долю которой приходится лишь 2,3% от общего видового состава флоры.

Экологический спектр показал значительное преобладание мезофитов (46,7%), над видами, приуроченными к местообитаниям с избыточным увлажнением (гигрофиты, мезогигрофиты и гидрофиты), они составляют 31,5%. Ксерофиты и мезоксерофиты составляют 33,1% от общего числа видов.

Таким образом, около 50% флоры мелколиственных лесов Кузнецкой котловины составляют виды, являющиеся типичными обитателями мезофильных травянистых лесов, это подтверждается результатами проведенных исследований и отражает современные климатические условия региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быков, Б.А. Геоботаника / Б.А. Быков // – Алма-Ата, 1978. – 288 с.
2. Гуляева, А. Ф. Мелколиственные леса Кузнецкой котловины как градиентные экосистемы / А. Ф. Гуляева, А. Л. Эбель, А. С. Ревушкин // *Turczaninowia*. – 2012. – Т. 15. – № 4. – С. 90-94.
3. Крапивкина, Э.Д. Кемеровская область. Часть 1. Природа и население / Э.Д. Крапивкина // Коллективная монография под ред. В.П. Удодова.– Новокузнецк, 2008. – С. 68-78.
4. Красноборов, И.М. Исследователи флоры Кемеровской области // Бот. исследования Сибири и Казахстана / И.М. Красноборов // Вып. 12.– Барнаул, Кемерово, 2006. – С. 134-147.
5. Куминова, А.В. Растительность Кемеровской области. / А.В. Куминова // – Новосибирск, 1950. – 167 с.
6. Лащинский, Н.Н. Растительность Кемеровской области – 60 лет спустя / Н.Н. Лащинский // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов. – Кемерово, 2012. – С. 34 – 36.

7. Определитель растений Кемеровской области / И. М. Красноборов, Э. Д. Крапивкина, М. Н. Ломоносова [и др.]. – Новосибирск : Издательство Сибирского отделения РАН, 2001. – 477 с. – ISBN 5769204206.
8. Седельников, В.П. Флора и растительность высокогорий Кузнецкого Алатау / В.П. Седельников// – Новосибирск, 1979. – 168 с.
9. Серебряков, И.Г. Экологическая морфология растений / И.Г.
10. Серебряков // – М.: Высш. шк., – 1962. – 380 с.
11. Тахтаджян, А.Л. Флористические области Земли / А.Л. Тахтаджян // Л.: Наука, – 1978. – 248 с.

Микробиология

**Баубекова Д.Г., старший специалист
(Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии)**

**Сопрунова О.Б., доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой
(Астраханский государственный технический университет)**

DOI: 10.25633/ETN.2021.07.02

УДК [579.64 : 579.83 : 632.937]

СПЕКТР ФИТОСТИМУЛИРУЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ ЛАБОРАТОРНОГО ОБРАЗЦА БИОЛОГИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ *BACILLUS ATROPHAEUS* ВКПМ В-11474

В настоящее время большое значение приобретает способность многих микроорганизмов рода Bacillus колонизировать ризосферу культурных растений, стимулировать их рост и влиять на урожайность сельскохозяйственных культур. При этом эффективность данных микроорганизмов, как агентов биоконтроля, будет обусловлена не только их антагонистической активностью, но и ростостимулирующими свойствами. Определено, что исследуемый штамм Bacillus atrophaeus ВКПМ В-11474, лежащий в основе биологического средства, оказывал фитостимулирующую активность по отношению к тест-растению. Обнаруженная активность проявлялась специфично – стимуляция роста тест-растения варьировала в зависимости от фазы роста культуры.

Ключевые слова: микроорганизмы рода *Bacillus*, фитостимулирующая активность, фазы роста культуры, биологическое средство защиты растений, сельское хозяйство.

***Baubekova D.G.
Soprunova O.B.***

THE SPECTRUM OF PHYTOSTIMULATING ACTIVITY OF A LABORATORY SAMPLE OF A BIOLOGICAL PLANT PROTECTION PRODUCT BASED ON *BACILLUS ATROPHAEUS* ACIM B-11474

*At present, the ability of many microorganisms of the genus *Bacillus* to colonize the rhizosphere of cultivated plants, to stimulate their growth and to influence the productivity of agricultural crops is acquiring great importance. At the same time, the effectiveness of these of microorganisms as biocontrol agents will be determined not only by their antagonistic activity, but also by growth-stimulating properties. It was determined that the investigated *Bacillus atrophaeus* strain ACIM B-11474, which is the basis of the biological agent, exhibited phyto-stimulating activity in relation to the test plant. The detected activity manifested itself specifically – stimulation of the growth of the test plant varied depending on the growth phase of the culture.*

Keywords: microorganisms of the genus *Bacillus*, phyto-stimulating activity, phase of culture growth, biological plant protection product, agriculture.

Введение

Представители рода *Bacillus* относятся к перспективным агентам защиты растений, которые обладают высокой приспособляемостью и выживаемостью в неблагоприятных условиях окружающей среды. Род *Bacillus* объединяет большое количество видов бактериальных организмов

палочковидной формы, которые в аэробных условиях образуют одну эндоспору. Биологическое значение образование спор заключается в способности переживать неблагоприятные экстремальные условия, что создает определенные преимущества данным микроорганизмам [1].

Для сельского хозяйства интерес данных микроорганизмов связан в первую очередь с их хозяйственно-значимыми свойствами, к которым относится антагонистическая и стимулирующая активности. Именно на наличии данных активностей базируется эффективность применения бактерий рода *Bacillus* как агентов биоконтроля. Важное значение при этом приобретает способность многих штаммов данного рода колонизировать ризосферу растений и стимулировать их рост. Стимуляция роста растений в свою очередь положительно влияет на повышение урожайности сельскохозяйственных культур [2].

Основные механизмы стимулирования роста растений включают в себя: производство фитогормонов, ауксинов, цитокининов, гиббереллинов; этилена; синтез витаминов (фенилаланина, тиамина, фолиевой кислоты, биотина, никотиновой кислоты, витаминов В6, В12). Помимо продуцирования бактерии рода *Bacillus* участвуют в растворении фосфатов и переводе их в доступную для растений форму; вовлечены в круговорот азота и производство летучих соединений (цианистоводородной кислоты). Данные механизмы по отдельности или в комплексе могут способствовать стимуляции роста и развития растений [3, 4].

Поэтому при создании биологических средств защиты растений и микробных биопрепаратов на основе бактерий рода *Bacillus* учитывается целый ряд хозяйственно – значимых свойств. Помимо основных антагонистических свойств бактерий (синтез литических ферментов, антибиотических веществ и фитотоксиков) при разработке препаратов рассматривают продуцирование представителями рода *Bacillus* фитогормонов и витаминов.

На данный момент разработан целый ряд микробных биопрепаратов на основе бактерий рода *Bacillus*: фитоспорин-М, экстрасол, бисолби, альбит, алирин, фосфобактрин, бактофит, бациспецин, бацифит, гамаир, интеграл и другие [5–10]. Однако особый интерес в сельскохозяйственном производстве приобретают микробные биопрепараты и средства комплексного действия, обладающие несколькими видами полезной активности: фунгицидной, ростостимулирующей, азотфиксацией, фосфатомобилизующей.

Цель исследований – определить спектр фитостимулирующей активности лабораторного образца биологического средства защиты растений на основе *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474.

Материалы и методы исследований

Объектом исследований являлся лабораторный образец биологического средства защиты растений на основе *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474. Для достижения поставленной в работе цели применялись общепринятые микробиологические методы исследований [11, 12].

В экспериментах использовали суспензию (С) и культуральную жидкость (КЖ) штамма. Для получения суспензии штамм культивировали на бобовой (БО) основе при непрерывном перемешивании на лабораторном шейкере (титр клеток и спор 10^8 КОЕ/мл). Для приготовления культуральной жидкости полученную суспензию центрифугировали на центрифуге при 8000 об/мин (титр клеток и спор 10^4 КОЕ/мл) [11]. Фитостимулирующую активность определяли в эксперименте во влажных камерах на семенах горчицы белой (сорт «Рапсодия») [12]. Для исследования фитостимулирующей активности в различные фазы роста штамм культивировали в течение 9 суток при непрерывном перемешивании (120 об/мин) на шейкере [11].

Результаты исследований

При исследовании воздействия бобовой основы на всхожесть семян тест-растения определено, что основа не оказывает токсического воздействия на проращивание семян тест-растения. Угнетения проращивания семян более чем на 30 % по отношению к контрольному варианту не обнаружено.

Также установлено отсутствие токсического действия при изучении влияния на всхожесть семян тест-растения суспензии и культуральной жидкости штамма *Bacillus atrophaeus* ВКПМ

B-11474, культивируемого на бобовой основе (рис. 1). Разница в количестве проросших семян в опыте и контроле не превышала 30 % и составляла для супензии 3 % и для культуральной жидкости 6 %.

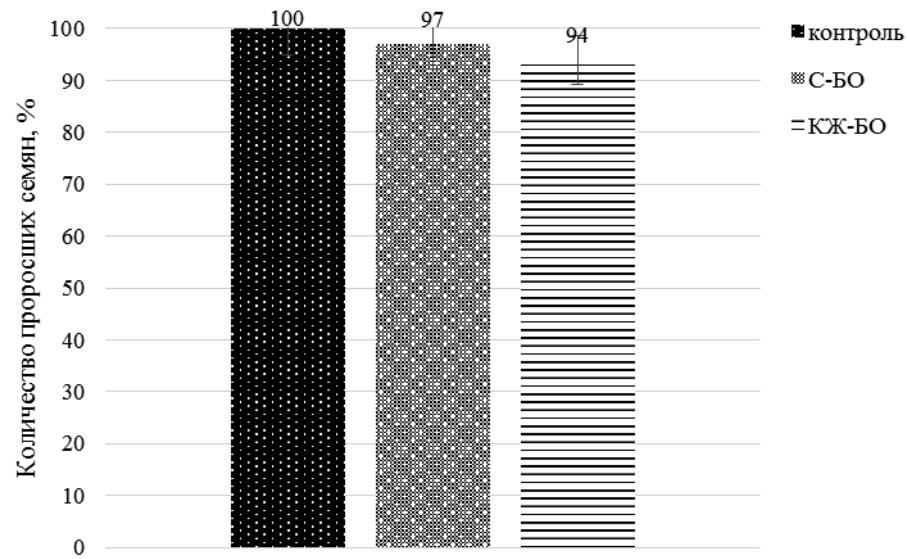


Рис. 1. Влияние на всхожесть семян тест-растения супензии (С) и культуральной жидкости (КЖ) штамма, культивируемого на бобовой основе (БО)

При определении фитостимулирующей активности отмечено, что внесение супензии штамма способствует максимальной стимуляции роста проростков тест-растения (на 79 % по отношению к контролю) (рис. 2). Культуральная жидкость штамма стимулирует рост проростков тест-растения на 46 %.

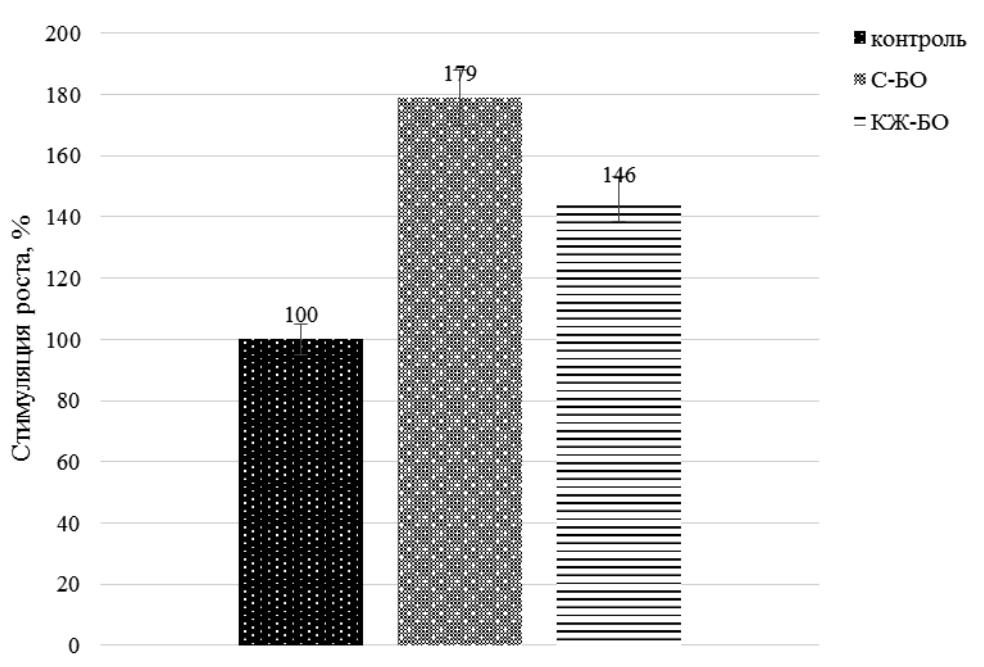


Рис. 2. Влияние на стимуляцию роста проростков тест-растения супензии (С) и культуральной жидкости (КЖ) штамма, культивируемого на бобовой основе (БО)

Зависимость фитостимулирующей активности штамма от фазы роста культуры устанавливали в эксперименте с горчицей белой. Обнаружено, что влияние суспензии и культуральной жидкости штамма *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 на всхожесть семян изменялось в зависимости от времени культивирования штамма. Анализ процента количества проросших семян тест-растения в ходе проведенного эксперимента показал, что суспензия и культуральная жидкость штамма не оказывают ингибирующего воздействия на всхожесть семян (рис. 3).



Рис. 3. Влияние на всхожесть семян тест-растения суспензии (С) и культуральной жидкости штамма *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 (КЖ) при культивировании на бобовой основе (БО)

В ходе исследования установлено, что при культивировании штамма фитостимулирующая активность изменялась в зависимости от фазы роста культуры, но проявлялась вне зависимости от титра клеток и спор (рис. 4).

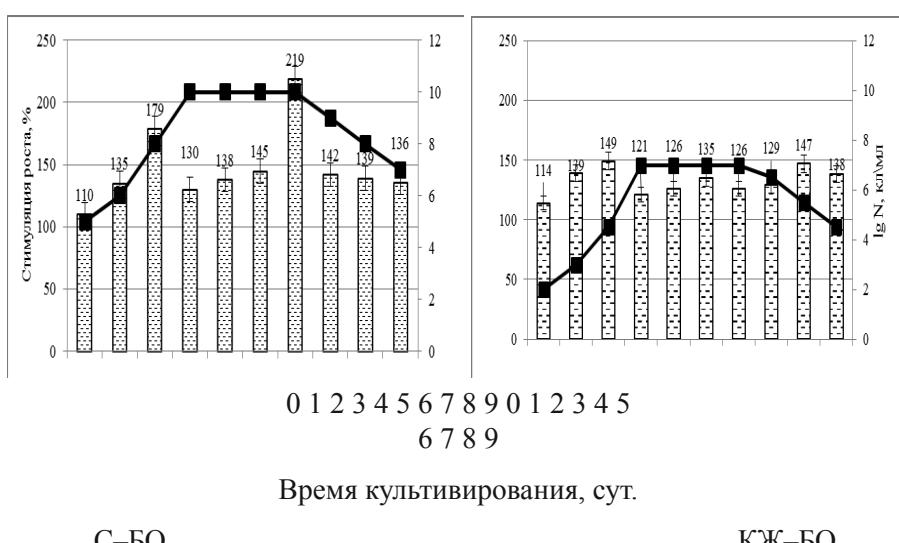


Рис. 4. Зависимость ростостимулирующей активности от фазы роста культуры *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474: суспензии (С) и культуральной жидкости штамма (КЖ) при культивировании на бобовой основе (БО)

Обнаружено, что штамм, культивируемый на бобовой основе, проявляет два пика фитостимулирующей активности: в фазу перехода культуры из экспоненциальной фазы в стационарную и при переходе из стационарной фазы в фазу отмирания, что свидетельствует о комплексном механизме воздействия штамма на стимуляцию тест-растения. Суспензия штамма при этом оказывает выраженную фитостимулирующую активность по сравнению с культуральной жидкостью исследуемого штамма.

Таким образом, в лабораторных условиях фитостимулирующая активность штамма *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 указывает на перспективность его использования для основы средства защиты растений в качестве биоагента, стимулирующего рост культурных растений и положительно влияющего на повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

Выводы

В ходе проведенного исследования определено, что суспензия штамма, культивируемого на бобовой основе, оказывает выраженную фитостимулирующую активность по сравнению с культуральной жидкостью исследуемого штамма. Штамм проявляет фитостимулирующие свойства, которые имеют два пика своего воздействия на тест-растение: в фазу перехода культуры из экспоненциальной фазы в стационарную и при переходе из стационарной фазы в фазу отмирания. Проявление двух максимумов фитостимулирующей активности свидетельствует о комплексном механизме стимулирования роста тест-растений бактериями рода *Bacillus*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмина Л.Ю. Колонизация ризосфера яровой пшеницы бактериями рода *Bacillus Cohn* при бактеризации семян / Л.Ю. Кузьмина, А.И. Мелентьев // Микробиология. – 2003. – №2. – С. 268–274.
2. Мелентьев А.И. Аэробные спорообразующие бактерии *Bacillus Cohn* в агроэкосистемах / А.И. Мелентьев. – М.: Наука, 2007. – 147 с.
3. Чеботарь В.К. Биохимические критерии оценки агрономически значимых свойств бацилл, используемых при создании микробиологических препаратов / В.К. Чеботарь, В.Б. Петров, А.И. Шапошников, Л.В. Кравченко // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 3. – С.119–122.
4. Dinesh K. Bacteria in Agrobiology: Crop Ecosystems / K. Dinesh. – L.: Springer, 2011. – 448 p.
5. Пат. 1743019 Российская Федерация, А 01 № 63/00, С 12 № 1/20. Штамм бактерий *Bacillus* sp. для получения препарата против грибных возбудителей болезней злаковых культур / А.И. Мелентьев [и др.] ; заявл. 03.10.89 ; опубл. 23.03.93. – 3 с.
6. Пат. 2019966 Российская Федерация, А 01 № 63/00, С 12 № 1/20. Препарат для защиты растений от болезней / Н.Н. Галкина [и др.] ; заявл. 24.07.91 ; опубл. 30.09.94. – 3 с.
7. Пат. 2099947 Российская Федерация, А 01 № 63/00, С 12 № 1/20. Биопрепарат «Фитоспорин-М» для защиты растений от болезней / В.В. Смирнов [и др.] ; заявл. 15.11.96; опубл. 27.12.97. – 4 с.
8. Пат. 2147181 Российская Федерация, А 01 № 63/00, С 05 № 11/08. Препарат для повышения урожая растений и защиты их от болезней / А.К. Злотников [и др.] ; заявл. 07.09.99 ; опубл. 10.04.00. – 3 с.
9. Пат. 2259397 Российской Федерации, А 01 № 63/00, С 12 № 1/20. Средство для защиты зерновых сельскохозяйственных культур, подсолнечника, винограда от фитопатогенных микроорганизмов, а овощных культур от фитопатогенных бактерий / В.Б. Петров [и др.] ; заявл. 02.04.03 ; опубл. 27.08.05. – 5 с.

10. Пат. 2599416 Российская Федерация, A01N63/02, C12N1/20, C12R1/07. Штамм бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* BS 89 в качестве средства повышения продуктивности растений и их защиты от болезней / С.В. Ерофеев [и др.] заявл. 02.09.15 ; опубл. 10.10.16. – 5 с.
11. Егоров Н.С. Руководство к практическим занятиям по микробиологии / Н.С. Егоров. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 224 с.
12. Зенова Г.М. Практикум по биологии почв / Г.М. Зенова, А.А. Степанов, А.А. Лихачева. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 120 с.

Генетика

Азарова Ю.Э., кандидат медицинских наук, доцент, зав. лабораторией Научно-исследовательского института генетической и молекулярной эпидемиологии
Клёсова Е.Ю., младший научный сотрудник Научно-исследовательского института генетической и молекулярной эпидемиологии
Полоников А.В., доктор медицинских наук, профессор, директор Научно-исследовательского института генетической и молекулярной эпидемиологии (Курский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации)

DOI: 10.25633/ETN.2021.07.03

СИНЕРГИЗМ ВЛИЯНИЯ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНОВ ФЕРМЕНТОВ МЕТАБОЛИЗМА ГЛУТАТИОНА И ПОВЫШЕННОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ БЕЛКА НА СНИЖЕНИЕ РИСКА РАЗВИТИЯ САХАРНОГО ДИАБЕТА 2 ТИПА

Глутатион играет ключевую роль в обеспечении редокс-гомеостаза, нарушения которого составляют патогенетическую основу сахарного диабета 2 типа (СД2). Учитывая, что скорость de novo синтеза глутатиона зависит от доступности составляющих его аминокислот, - глутамата, цистеина и глицина, целью настоящего исследования стало изучение влияния количества потребляемого белка с пищей на ассоциации вариантов генов ферментов метаболизма глутатиона с предрасположенностью к СД2. В исследование включено 1468 больных СД2 (570 мужчин и 898 женщин, средний возраст $61,1 \pm 9,7$ года) и 1620 условно здоровых добровольцев (590 мужчин и 1030 женщин, средний возраст $60,5 \pm 6,3$ года). Генотипирование полиморфизмов генов гамма-глутамильного цикла проводили с помощью технологии iPLEX на геномном масс-спектрометре MassArray Analyzer 4 (Agena Bioscience). Содержание C-пептида в плазме крови определяли методом конкурентного твердофазного хемилюминесцентного иммуноферментного анализа на биохимическом анализаторе Cobas 6000 (Roche Diagnostics, Швейцария) в лаборатории Helix. Ассоциации SNPs rs41303970 GCLM, rs6119534 GGT7, rs11546155 GGT7, rs28679 GGCT и rs38420 GGCT с пониженным риском СД2 наблюдались исключительно в группе пациентов с достаточным поступлением белка с пищей. В то же время ассоциации rs2911678 GSR, делеционного полиморфизма GSTT1, rs1695 GSTP1 и rs1138272 GSTP1 с повышенным риском СД2 были обнаружены только у больных с дефицитом белка. У больных с достаточным поступлением пищевого белка уровень C-пептида плазмы был выше (2.73 ± 0.32 нг/мкл), чем у пациентов, потребляющих белок в недостаточном количестве (1.83 ± 0.19 нг/мкл, $P=0.005$). Таким образом, полученные результаты демонстрируют синергизм влияния полиморфизма генов ферментов метаболизма глутатиона и повышенного потребления белка на снижение риска развития СД2 независимо от пола, возраста и индекса массы тела пациентов.

Ключевые слова: сахарный диабет 2 типа, однонуклеотидный полиморфизм, глутатион, пищевой белок.

*Azarova I.E.
Klyosova E.Yu.
Polonikov A.V.*

SYNERGISTIC EFFECT OF GLUTATHIONE METABOLISM GENE POLYMORPHISM AND HIGHER DIETARY PROTEIN INTAKE ON DECREASED RISK OF TYPE 2 DIABETES MELLITUS

Glutathione plays a key role in the maintenance of redox homeostasis, disorders of which constitute the pathogenic basis of type 2 diabetes mellitus (T2D). Considering that the rate of de novo glutathione synthesis depends on the availability of its constituent amino acids - glutamate, cysteine, and glycine, the aim of this study was to investigate the effect of the amount of dietary protein on the association of variants of glutathione metabolism enzyme genes with a predisposition to T2D. The study included 1468 T2D patients (570 males and 898 females, mean age 61.1±9.7 years) and 1620 healthy volunteers (590 males and 1030 females, mean age 60.5±6.3 years). Genotyping of gamma-glutamyl cycle gene polymorphisms was performed using iPLEX technology on a MassArray Analyzer 4 genomic mass spectrometer (Agena Bioscience). The concentration of C-peptide in blood plasma was determined by the method of competitive solid-phase chemiluminescence ELISA on a Cobas 6000 biochemical analyzer (Roche Diagnostics, Switzerland) in the Helix laboratory. Associations of SNPs rs41303970 GCLM, rs6119534 GGT7, rs11546155 GGT7, rs28679 GGCT, and rs38420 GGCT with a reduced risk of T2D were observed exclusively in the group of patients with sufficient protein intake. At the same time, associations of rs2911678 GSR, deletion polymorphism GSTT1, rs1695 GSTP1, and rs1138272 GSTP1 with an increased risk of T2D were found only in patients with dietary protein deficiency. In patients with a sufficient intake of dietary protein, the plasma C-peptide level was higher (2.73±0.32 ng/μL) than in patients consuming insufficient quantity of protein (1.83±0.19 ng/μL, P=0.005). Thus, the results obtained demonstrate the synergism of the effect of polymorphism in the genes of glutathione metabolism enzymes and increased protein consumption on decreased risk of T2D regardless of gender, age, and body mass index of patients.

Keywords: type 2 diabetes mellitus, single nucleotide polymorphism, glutathione, dietary protein

Введение. Одной из важнейших систем, контролирующих эндогенный метаболизм и обеспечивающих адаптацию организма к внешним факторам, является система редокс-гомеостаза. Трипептид глутатион, состоящий из глутамата, цистеина и глицина, служит ключевым внутри- и внеклеточным антиоксидантам [1]. Помимо обезвреживания свободных радикалов, перекисных соединений и ксенобиотиков, глутатион сам контролирует активность целого ряда ферментов, служит медиатором сигнальных путей, регулирует жизненный цикл клетки, рост, деление, апоптоз, иммунный ответ, является природным «консервантом» катионов металлов, витаминов С и Е, эта же молекула контролирует фолдинг белков и служит депо цистеина. В отсутствие синтеза GSH в экспериментальной работе на мышах была зарегистрирована гибель эмбрионов [2-3], а в клетках дрожжей – прекращение роста [4]. Развитие сахарного диабета 2 типа (СД2) связано с серьезными нарушениями в метаболизме и транспорте глутатиона GSH, смещающими равновесие редокс-гомеостаза в сторону прооксидантного статуса [5-6] и опосредующими развитие диабетической нейропатии и ангиопатии. Кроме того, дефицит GSH служит самостоятельной причиной образования свободных радикалов [7], участвующих и в формировании инсулинорезистентности, и в снижении функционирующей массы бета-клеток. Значительную роль в патогенезе СД2 играет полиморфизм генов ферментов метаболизма глутатиона, вклад которых в патогенез заболевания был показан нами ранее [8-11].

Главный метаболический путь биосинтеза глутатиона называется гамма-глутамильным циклом (Рисунок 1) и начинается с АТФ-зависимого образования гамма-глутамилцистеина из глутамата и цистеина под действием фермента глутаматцистеинилгазы (GCL) [12]. Фермент состоит из модифицирующей (GCLM) и каталитической субъединиц (GCLC) и регулируется концентрацией субстратов, - глутамата и цистеина, концентрацией продукта, - GSH, взаимодействием (ассоциацией) двух субъединиц, а также на уровне транскрипции и трансляции GCLC-GCLM. На втором этапе, к остатку цистеина дипептида γ -Глу-Цис присоединяется глицин при помощи фермента глутатионсигнатазы (GSS) и гидролиза еще одной макроэргической связи АТФ [12].

Обычно в качестве скорость-лимитирующей реакции процесса рассматривают только первую реакцию, однако, Lu и соавт. [13] было показано, что активация GSS также усиливает синтез GSH. Два описанных этапа составляют de novo синтез глутатиона. Далее, GSH экспортируется из клетки. Поскольку в плазме крови концентрация глутатиона в 1000 раз ниже, чем в цитозоле клетки, имеющийся градиент является своеобразной движущей силой транспорта. Как только GSH оказывается снаружи, фрагмент глутатиона -Цис-Гли заменяется на другую аминокислоту (как правило, фенилаланин, лейцин или лизин) при участии фермента гамма-глутамилтрансферазы (GGT). Дипептид Цис-Гли гидролизуется дипептидазой на цистеин и глицин, которые транспортируются внутрь клетки с помощью специальных мембранных переносчиков. Гамма-глутамил-аминокислота (продукт реакции GGT) также транспортируется внутрь клетки, где под действием гамма-глутамилциклотрансферазы (GGCT) расщепляется на аминокислоту и оксопролин. Последний под действием оксопролиназы превращается в глутаминовую кислоту с затратой моля АТФ, то есть все три аминокислоты, необходимые для восстановления потерянного GSH, оказываются внутри клетки [14].

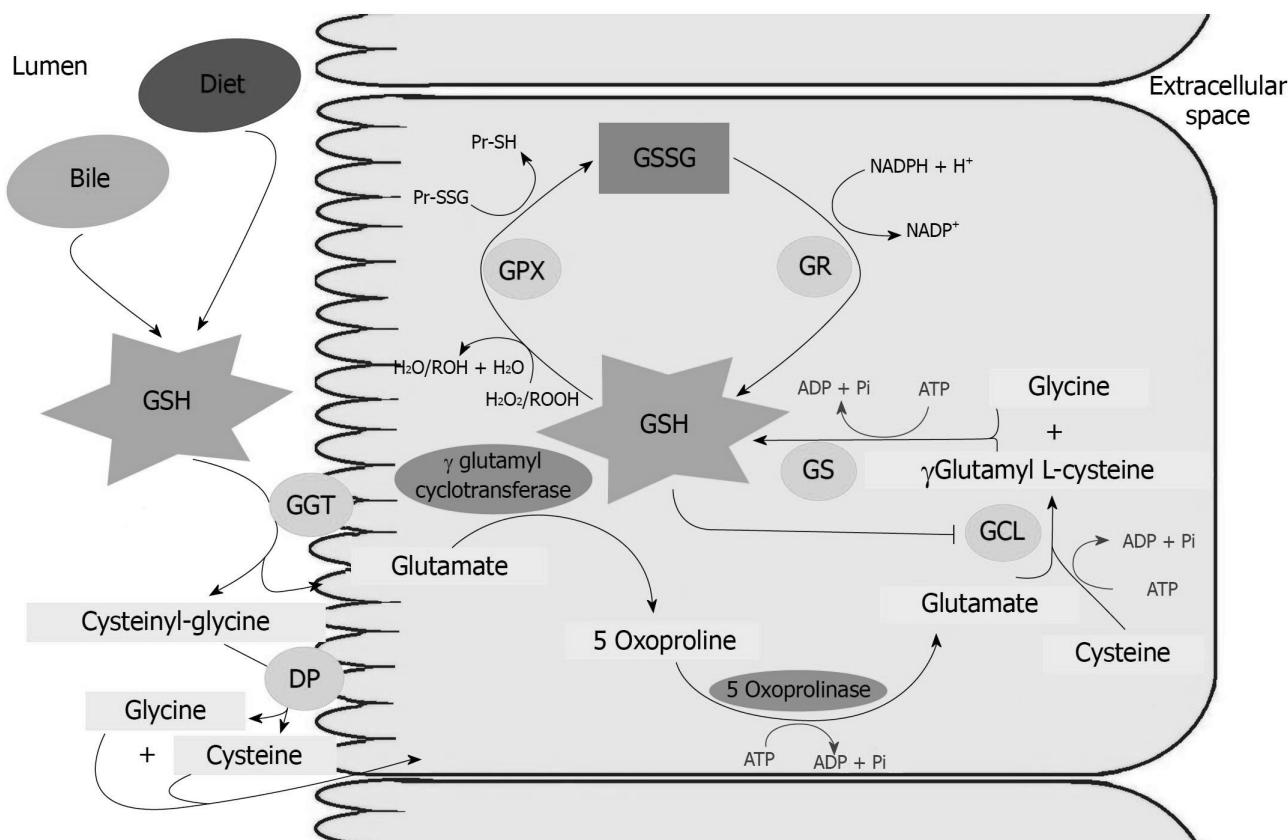


Рис.1. Гамма-глутамильный цикл GCL – глутаматцистеинлигаза; GS – глутатионсинтетаза; GGT – гамма-глутамилтрансфераза; DP – дипептидаза; GR – глутатионредуктаза; GPX – глутатионпероксидаза; GSH – восстановленный глутатион, мономер; GSSG – окисленный глутатион, димер [12].

Ввиду того, что скорость синтеза глутатиона прямо зависит от наличия аминокислот глицина, цистеина и глутаминовой кислоты, поступающих с пищей, целью настоящего исследования стала оценка роли потребления пищевого белка и полиморфизма генов глутатионового цикла в формировании предрасположенности к СД2.

Методы. В исследование было включено 1468 больных СД2 (570 мужчин и 898 женщин, средний возраст $61,1 \pm 9,7$ года), получавших стационарное лечение на базе эндокринологического отделения Курской городской клинической больницы скорой медицинской помощи в период с декабря 2016 по октябрь 2019 года. Группу контроля составили 1620 условно здоровых добровольцев (590 мужчин

и 1030 женщин, средний возраст $60,5 \pm 6,3$ года). Исследуемые группы были сопоставимы как по полу, так и по возрасту. Критерии включения и исключения в группу больных и здоровых были детально описаны нами ранее [6]. Протокол исследования одобрен Региональным этическим комитетом при Курском государственном медицинском университете (выписка из протокола №10 от 12.12.2016 г.). Все участники исследования прошли анкетирование для выявления основных факторов риска и особенностей питания. Расчет пищевой ценности рациона выполнен с использованием онлайн калькулятора Calc.by (<https://calc.by/weight-and-calories/calorie-foods.html>). Стратификация участников исследования на группы с достаточным (≥ 84 г/сутки) и недостаточным потреблением белка (< 84 г/сутки) была проведена с учетом рекомендаций ВОЗ и Американской диабетологической ассоциации по здоровому питанию, согласно которым минимальное количество потребляемого белка должно составлять не менее 15% от суточной калорийности пищевого рациона [15-16].

Для проведения генетических исследований, у всех пациентов с СД2 и здоровых лиц на основе письменного информированного согласия проводили забор 5 мл венозной крови натощак в вакуумные пробирки Vacuette с ЭДТА в качестве антикоагулянта. Геномную ДНК выделяли методом фенольно-хлороформной экстракции. Генотипирование полиморфизмов генов гамма-глутамильного цикла проводили методом матрично-активированной лазерной десорбции/ионизации на геномном времяпролетном масс-спектрометре MassArray Analyzer 4 (Agena Bioscience). Отбор полиморфных вариантов генов (SNPs) проводили согласно разработанному нами алгоритму [17]. Дизайн мультиплекса SNPs и подбор праймеров для ПЦР и iPLEX реакций осуществляли с помощью онлайн программы MassARRAY Assay Design Suite (<https://agenasx.com>). Праймеры были синтезированы компанией Evrogen (Москва).

Содержание С-пептида в плазме крови определяли методом конкурентного твердофазного хемилюминесцентного иммуноферментного анализа на биохимическом анализаторе Cobas 6000 (Roche Diagnostics, Швейцария) в лаборатории Helix (Курск).

Для статистического анализа использовалась программа SNPStats. Различия рассматривали как значимые при $P < 0.05$. Для анализа соответствия распределения частот генотипов равновесию Харди-Вайнберга и сравнения частот аллелей и генотипов между группами применяли точный тест Фишера.

Результаты. В таблице 1 представлены сводные данные по выявленным ассоциациям полиморфных вариантов генов метаболизма глутатиона с риском развития СД2 с учетом количества поступающего с пищей белка.

Таблица 1

Влияние потребления белка на развитие СД2 у носителей полиморфных вариантов генов гамма-глутамильного цикла

Генотипы	Отсутствие фактора риска (f-)				Наличие фактора риска (f+) ⁴			
	Здоровые n (%)	Больные СД2 n (%)	OR (95 CI) ¹	P ² (Q) ³	Здоровые n (%)	Больные СД2 n (%)	OR (95 CI) ¹	P ² (Q) ³
<i>rs41303970 GCLM</i>								
G/G	930 (61.8)	634 (68.5)	1.00	0.0001 (0.0072)	66 (56.9)	359 (66.1)	1.00	0.061 (0.31)
G/A	443 (29.4)	251 (27.1)	0.86 (0.68- 1.09)		39 (33.6)	156 (28.7)	0.64 (0.39- 1.03)	
A/A	131 (8.7)	40 (4.3)	0.37 (0.23- 0.60)		11 (9.5)	28 (5.2)	0.44 (0.19- 1.04)	

rs2911678 GSR								
T/T	752 (50.7)	469 (51.1)	1.00	0.83 (0.92)	73 (62.9)	274 (50.9)	1.00	0.0041 (0.089)
T/A	621 (41.9)	379 (41.3)	1.07 (0.86- 1.33)		31 (26.7)	231 (42.9)	1.90 (1.15- 3.11)	
A/A	109 (7.3)	70 (7.6)	1.03 (0.69- 1.56)		12 (10.3)	33 (6.1)	0.53 (0.24- 1.19)	
rs5760492 GGTI								
G/G	454 (38.2)	307 (38.3)	1.00	0.022 (0.16)	30 (28.6)	200 (42.8)	1.00	0.012 (0.15)
G/A	678 (57.1)	478 (59.6)	1.05 (0.83- 1.33)		71 (67.6)	255 (54.6)	0.47 (0.28- 0.79)	
A/A	56 (4.7)	17 (2.1)	0.41 (0.20- 0.83)		4 (3.8)	12 (2.6)	0.47 (0.13- 1.76)	
rs6119534 GGT7								
C/C	209 (18.8)	194 (25.2)	1.00	0.0064 (0.099)	32 (30.8)	138 (30.5)	1.00	0.91 (0.95)
C/T	800 (71.9)	509 (66)	0.67 (0.51- 0.90)		64 (61.5)	283 (62.6)	0.93 (0.55- 1.56)	
T/T	103 (9.3)	68 (8.8)	0.52 (0.32- 0.84)		8 (7.7)	31 (6.9)	0.82 (0.30- 2.22)	
rs11546155 GGT7								
G/G	1205 (80.5)	754 (81.4)	1.00	0.016 (0.16)	92 (79.3)	436 (80.3)	1.00	0.76 (0.89)
G/A	262 (17.5)	167 (18)	1.02 (0.78- 1.34)		20 (17.2)	99 (18.2)	1.01 (0.57- 1.80)	
A/A	29 (1.9)	5 (0.5)	0.21 (0.06- 0.71)		4 (3.5)	8 (1.5)	0.57 (0.14- 2.41)	
rs28679 GGCT								
G/G	744 (50.2)	480 (52.2)	1.00	0.017 (0.16)	61 (52.6)	281 (52.1)	1.00	0.83 (0.92)
G/A	599 (40.4)	376 (40.9)	1.01 (0.81- 1.26)		46 (39.7)	215 (39.9)	1.08 (0.68- 1.72)	
A/A	139 (9.4)	63 (6.9)	0.60 (0.40- 0.92)		9 (7.8)	43 (8)	0.83 (0.36- 1.95)	

rs38420 GGCT								
G/G	938 (62.9)	596 (64.5)	1.00	0.027 (0.19)	72 (62.6)	353 (65)	1.00	0.46 (0.79)
G/A	481 (32.2)	296 (32)	0.95 (0.76-1.19)		41 (35.6)	166 (30.6)	0.86 (0.53-1.37)	
A/A	73 (4.9)	32 (3.5)	0.53 (0.30-0.93)		2 (1.7)	24 (4.4)	2.06 (0.43-9.80)	
GSTT1 del/+								
I/I	1167 (85.8)	772 (83.6)	1.00	0.054 (0.30)	96 (91.4)	440 (81.2)	1.00	0.0037 (0.089)
D/D	193 (14.2)	151 (16.4)	1.33 (1.00-1.76)		9 (8.6)	102 (18.8)	2.82 (1.31-6.05)	
rs1695 GSTP1								
A/A	842 (56.2)	472 (51)	1.00	0.11 (0.42)	73 (62.9)	284 (52.3)	1.00	0.022 (0.16)
A/G	499 (33.3)	356 (38.4)	1.27 (1.02-1.59)		32 (27.6)	211 (38.9)	1.97 (1.20-3.24)	
G/G	156 (10.4)	98 (10.6)	1.08 (0.76-1.53)		11 (9.5)	48 (8.8)	1.08 (0.49-2.37)	
rs1138272 GSTP1								
C/C	1235 (82.2)	768 (82.9)	1.00	0.73 (0.89)	105 (90.5)	441 (81.2)	1.00	0.015 (0.16)
C/T	252 (16.8)	149 (16.1)	0.98 (0.75-1.30)		10 (8.6)	97 (17.9)	2.74 (1.30-5.78)	
T/T	15 (1)	9 (1)	0.63 (0.19-2.04)		1 (0.9)	5 (0.9)	0.65 (0.06-7.00)	

¹ OR (95 CI) – отношение шансов и доверительный интервал с поправками на пол, возраст и ИМТ;
²P – уровень значимости, достигнутый при анализе взаимодействия SNP и фактора риска с поправками на пол, возраст и ИМТ; ³Q – уровень значимости ассоциаций с поправками на множественное тестирование (FDR). Наличие фактора риска (f+) ⁴ – низкое потребление белка.

Нами установлено совместное влияние дефицита потребления белка и SNP гена GSR на предрасположенность к заболеванию: носители генотипа rs2911678-T/A имели повышенный риск развития диабета (OR 1.90, 95 CI 1.15-3.11, P=0.0041, Q=0.089) в условиях недостаточного поступления белка с пищей. При этом у лиц с нормальным потреблением белка описанная ассоциация не наблюдалась. Кроме того, выявлен синергизм дефицита пищевого белка и полиморфизма генов глутатион-S-трансфераз в отношении риска развития диабета. В частности, делеционный генотип del/del GSTT1 (OR 2.82, 95 CI 1.31-6.05, P=0.0037, Q=0.089), а также генотипы rs1695-A/G (OR 1.97, 95 CI 1.20-3.24, P=0.022, Q=0.16) и rs1138272-C/T GSTP1

(OR 2.74, 95 CI 1.30-5.78, P=0.015, Q=0.16) ассоциировались с повышенным риском развития СД2 именно среди пациентов, потребляющих недостаточное количество растительной пищи. Гаплотип H3 GSTP1 (Таблица 2), содержащий минорные аллели rs1695G-rs1138272T, был ассоциирован с предрасположенностью к СД2 (OR 2.22, 95 CI 1.05-4.69, P=0.037, Q=0.16) только у больных с дефицитом белка.

Таблица 2

Распределение и анализ ассоциаций гаплотипов *GSTP1* с риском развития СД2 с учетом потребления белка

SNPs H	rs1695	rs1138272	Контроль	Больные СД2	OR (95%CI) ¹	P ^I (Q) ²
Достаточное поступление пищевого белка Общий P=0.076, Q=0.16						
H1	A	C	0.7139	0.6979	1.00	---
H2	G	C	0.1921	0.2119	1.10 (0.92 - 1.32)	0.29 (0.46)
H3	G	T	0.0787	0.0861	1.07 (0.82 - 1.40)	0.62 (0.62)
H4	A	T	0.0154	0.0040	0.37 (0.14 - 0.97)	0.042 (0.16)
Дефицит пищевого белка Общий P=0.082, Q=0.16						
H1	A	C	0.7621	0.7003	1.00	---
H2	G	C	0.1861	0.2011	1.17 (0.79 - 1.74)	0.43 (0.49)
H3	G	T	0.0466	0.0815	2.22 (1.05 - 4.69)	0.037 (0.16)
H4	A	T	0.0051	0.0170	2.63 (0.30 - 22.87)	0.38 (0.49)

¹OR, 1P – отношения шансов, 95% доверительный интервал и уровень значимости ассоциаций с поправкой на пол, возраст и ИМТ;
²Q – уровень значимости ассоциации с поправкой на множественное тестирование (FDR); H – гаплотипы.

В то же время ассоциация SNP GGT1 rs5760492 с риском развития диабета не зависела от количества потребляемого белка и была обнаружена как у больных с достаточным (OR 0.41, 95 CI 0.20-0.83, P=0.022, Q=0.16), так и с недостаточным поступлением белка с пищей (OR 0.47, 95 CI 0.28-0.79, P=0.012, Q=0.15). Связь гаплотипов GGT1 с риском развития СД2 была также характерна для обеих подгрупп пациентов. Интересно, что комбинация достаточного потребления белка и SNPs генов GCLM, GGT7, GGCT оказывала протективный эффект на риск развития СД2. Так, носительство генотипа rs41303970-A/A GCLM было сопряжено с пониженным риском развития диабета (OR 0.37, 95 CI 0.23-0.60, P=0.0001, Q=0.0072) у пациентов с адекватным поступлением белковой пищи. В этой же группе больных установлены протективные ассоциации генотипов GGT7 rs6119534-C/T (OR 0.67, 95 CI 0.51-0.90, P=0.0064, Q=0.099), rs6119534-T/T (OR 0.52, 95 CI 0.32-0.84, P=0.0064, Q=0.099) и rs11546155-A/A (OR 0.21, 95 CI 0.06-0.71, P=0.016, Q=0.16) с риском развития СД2. Кроме того, носительство генотипов GGCT rs28679-A/A (OR 0.60, 95 CI 0.40-0.92, P=0.017, Q=0.16) и rs38420-A/A (OR 0.53, 95 CI 0.30-0.93,

P=0.027, Q=0.19) также имело защитный в плане риска развития СД2 эффект исключительно в условиях достаточного поступления пищевого белка.

Биохимический анализ плазмы крови обнаружил статистически значимые различия (P=0.005) в концентрации С-пептида в двух подгруппах пациентов. В частности, у больных с достаточным поступлением пищевого белка уровень С-пептида плазмы был выше (2.73 ± 0.32 нг/мкл), чем у пациентов, потребляющих белок в недостаточном согласно критериям ВОЗ количестве (1.83 ± 0.19 нг/мкл).

Обсуждение. Ранее нами было показано, что однонуклеотидный вариант rs1138272 глутатион-S-трансферазы P1 и делеционные полиморфизмы глутатион-S-трансфераз M1 и T1 связаны с предрасположенностью к СД2 [8]. Мы также установили протективные эффекты rs41303970 модифицирующей субъединицы глутаматцистеинлигазы [9] и варианта rs4270 гамма-глутамилциклотрансферазы в плане риска развития диабета [10] и выявили влияние определенных факторов риска на эти ассоциации. В частности, курение и дефицит свежей растительной пищи полностью нивелировали защитные свойства rs41303970 GCLM и rs4270 GGCT. В настоящей работе мы впервые представили доказательства того, что потребление белка в количестве не менее 84 г белка в сутки, что составляет не менее 15% от суточной калорийности питания, модулирует ассоциации изучаемых вариантов генов ферментов метаболизма глутатиона с предрасположенностью к диабету. Так, ассоциации SNPs rs41303970 GCLM, rs6119534 GGT7, rs11546155 GGT7, rs28679 GGCT и rs38420 GGCT с пониженным риском СД2 наблюдались исключительно в группе пациентов с достаточным поступлением белка с пищей. В то же время ассоциации rs2911678 GSR, делеции GSTT1, rs1695 GSTP1 и rs1138272 GSTP1 с повышенным риском СД2 были обнаружены только у больных, потребляющих менее 84 г белка в сутки. Единственным вариантом, связь которого с СД2 не зависела от количества поступающего с пищей белка, стал SNP rs5760492 гена GGT1.

Традиционно основное внимание в рекомендациях по диете для больных СД2 фокусируется на количестве и качестве потребляемых углеводов и жиров. Белки же, как правило, рассматриваются с позиции того количества глюкозы, которое может быть синтезировано из аминокислот в ходе глюконеогенеза. Однако, еще в работе Jacobsen 1913г было показано, что потребление белка яиц не приводит к увеличению концентрации глюкозы крови у здоровых людей [18]. Этот факт был подтвержден и у больных СД2 [19-20]. Более того, получены данные о том, что двукратное увеличение количества белка в диете до 30% за счет сокращения количества углеводов до 40% на протяжении 5 недель приводило к снижению постпрандиальной гликемии у больных СД2 [21]. В исследовании, включавшем 1209 европейцев с избыточной массой тела и ожирением, было показано, что даже незначительное увеличение содержания белка на 5.4% и снижение гликемического индекса на 4.7% способствовало более быстрому снижению массы тела, минимизировало риск повторного набора веса и улучшало обмен веществ [22]. Считается, что белок является таким же сильным стимулятором секреции инсулина, как и глюкоза [21, 23], что отражает и установленный нами факт значимо более высокого уровня С-пептида у пациентов, получавших достаточное количество белка с пищей. Тем не менее, в исследовании Huhmann [24] концентрация глюкозы крови у больных СД2 на высокобелковой диете (37% белка) через 10, 180 и 240 минут после приема пищи была значимо ниже, чем в группе контроля, однако отличия в секреции инсулина были незначимы. Papakonstantinou и коллеги [25] провели сравнительный анализ эффективности диет, содержащих 30% и 15% белка у больных с ожирением и впервые выявленным СД2. Оказалось, что диета с 30% белка более значительно снижала массу тела, уровень триглицеридов, sistолическое и диастолическое артериальное давление, чем диета с 15% белка, но при этом обе диеты одинаково хорошо снижали постпрандиальную гликемию и уровень инсулина у больных.

Полученные в нашем исследовании данные о синергизме повышенного потребления белка и полиморфизма генов глутатионового цикла в отношении снижения риска СД2 подчер-

кивают значимость пищевого белка не только как источника инсулиновогенных аминокислот, но и как источника цистеина, глицина, глутамата, необходимых для синтеза глутатиона в клетках организма. Zhang с коллегами [26] в экспериментальной работе на крысах показали, что введение глутатиона блокировало снижение мРНК и белка инсулина в бета-клетках, а также предотвращало снижение экспрессии FOXO1. Как известно, именно функциональный нокаут FOXO1 вызывает дедифференцировку бета-клеток и гипергликемию при физиологическом стрессе [27]. Введение глутатиона одновременно с глюкозой устранило толерантность к глюкозе, предотвращая развитие глюкозотоксичности и предиабета. В работе Yang [28] и соавторов описано, что подкожное введение глутатиона крысам блокировало вызванную осцилляциями глюкозы и окислительным стрессом дезорганизацию циркулирующих иммунных клеток. Эти данные еще раз указывают на широкий спектр регулируемых глутатионом метаболических процессов и подчеркивают его критическую роль в поддержании гомеостаза организма в условиях хронической гипергликемии и дисбаланса в редокс-системе в условиях СД2.

Таким образом, выполненное нами исследование установило протективный эффект повышенного потребления пищевого белка и полиморфизма генов ферментов метаболизма глутатиона в отношении снижения риска развития СД2 независимо от пола, возраста и индекса массы тела пациентов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-15-00227).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Calabrese G., Morgan B., Riemer J.* Mitochondrial glutathione: regulation and functions. *Antioxidants and Redox Signaling.* – 2017. – Vol. 27. №15. – P. 1162-1177.
2. *Shi Z.Z., Osei-Frimpong J., Kala G., Kala S.V., Barrios R.J., Habib G.M. et al.* Glutathione synthesis is essential for mouse development but not for cell growth in culture. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* – 2000. – Vol. 97. № 10. – P. 5101-5106.
3. *Winkler A., Njålsson R., Carlsson K., Elgadi A., Rozell B., Abraham L. et al.* Glutathione is essential for early embryogenesis—analysis of a glutathione synthetase knockout mouse. *Biochemical and biophysical research communications.* – 2011. – Vol. 412. № 1. – P. 121-126.
4. *Grant C.M., MacIver F.H., Dawes I.W.* Glutathione is an essential metabolite required for resistance to oxidative stress in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Current genetics.* – 1996. – Vol. 29. № 6. – P. 511-515.
5. *Sampathkumar R., Balasubramanyam M., Sudarslal S., Rema M., Mohan V., Balaram P.* Increased glutathionylated hemoglobin (HbSSG) in type 2 diabetes subjects with microangiopathy. *Clinical biochemistry.* – 2005. – Vol. 38. № 10. – P. 892-899.
6. *Azarova I.E., Klyosova E.Y., Kolomoets I.I., Azarova V.A., Ivakin V.E., Konoplyya A.I. et al.* Polymorphisms of the Gene Encoding Cytochrome b-245 Beta Chain of NADPH Oxidase: Relationship with Redox Homeostasis Markers and Risk of Type 2 Diabetes Mellitus. *Russian Journal of Genetics.* – 2020. – Vol. 56. № 7. – P. 856-862.
7. *Beard K.M., Shangari N., Wu B., O'brien P.J.* Metabolism, not autoxidation, plays a role in α -oxoaldehyde-and reducing sugar-induced erythrocyte GSH depletion: relevance for diabetes mellitus. *Molecular and cellular biochemistry.* – 2003. – Vol. 252. № 1. – P. 331-338.
8. *Azarova I., Bushueva O., Konoplyya A., Polonikov A.* Glutathione S-transferase genes and the risk of type 2 diabetes mellitus: Role of sexual dimorphism, gene–gene and gene–smoking interactions in disease susceptibility. *Journal of diabetes.* – 2018. – Vol. 10. № 5. – P. 398-407.

9. Azarova I., Klyosova E., Lazarenko V., Konoplyva A., Polonikov A. Genetic variants in glutamate cysteine ligase confer protection against type 2 diabetes. *Molecular Biology Reports.* – 2020. – Vol. 47. № 8. – P. 5793-5805.
 10. Azarova I.E., Klesova E.Yu., Churilin M.I., Samgina T.A., Konoplyva A.I., Polonikov A.V. Genetic and biochemical investigation of the gamma-glutamylcyclotransferase role in predisposition to type 2 diabetes mellitus. *Ecological Genetics.* – 2020. – Vol. 18. № 2. – P. 215-228.
 11. Azarova I.E., Klesova E.Yu., Bushueva O.Yu., Samgina T.A., Azarova V.A., Konoplyva A.I. et al. Polymorphic variant in GPX2 gene (rs4902346) and predisposition to type 2 diabetes mellitus. *Medical genetics.* – 2020. – Vol. 19. № 2. – P. 17-27.
 12. Moine L., Rivoira M., Díaz de Barboza G., Pérez A., Tolosa de Talamoni N. Glutathione depleting drugs, antioxidants and intestinal calcium absorption. *World J Gastroenterol.* – 2018. – Vol. 24. № 44. – P. 4979-4988.
 13. Lu S.C. Regulation of glutathione synthesis. *Molecular aspects of medicine.* – 2009. – Vol. 30. № 1-2. – P. 42-59.
 14. Flohé L. (Ed.). *Glutathione.* -2018. - Vol. 1. CRC Press.
 15. World Health Organization. *Food-based dietary guidelines in the WHO European Region (No. EUR/03/5045414).* – 2003. - Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
 16. Herforth A., Arimond M., Álvarez-Sánchez C., Coates J., Christianson K., Muehlhoff E. A global review of food-based dietary guidelines. *Advances in Nutrition.* – 2019. – Vol. 10. № 4. – P. 590-605.
 17. Polonikov A.V., Klyosova E.Yu., Azarova I.E. Bioinformatic tools and internet resources for functional annotation of polymorphic loci detected by genome wide association studies of multifactorial diseases (review). *Research Results in Biomedicine.* – 2021. – Vol. 7. № 1. – P. 15-31.
 18. Jacobsen A.T.B. Untersuchungen über den einflub verschiedener nahrungsmittel auf den blutzucker bei normalen, zuckerkranken und graviden personen. *Biochem. J.* – 1913. - № 56. – P. 471– 494.
 19. Cochrane W.A., Payne W.W., Simpkiss M.J., Woolf L.I. Familial hypoglycemia precipitated by amino acids. *J. Clin. Invest.* – 1956. – № 35. – P. 411–422.
 20. Gannon M.C., Nuttall F.Q. Amino acid ingestion and glucose metabolism—a review. *IUBMB life.* – 2010. – Vol. 62. № 9. – P. 660-668.
 21. Gannon M.C., Nuttall F.Q., Saeed A., Jordan K., Hoover H. An increase in dietary protein improves the blood glucose response in persons with type 2 diabetes. *The American journal of clinical nutrition.* - 2003. – Vol. 78. № 4. – P. 734-741.
 22. Larsen T.M., Dalskov S.M., van Baak M., Jebb S.A., Papadaki A., Pfeiffer A.F. et al. Diets with high or low protein content and glycemic index for weight-loss maintenance. *New England Journal of Medicine.* – 2010. – Vol. 363. № 22. – P. 2102-2113.
 23. Comerford K.B., Pasin G. Emerging evidence for the importance of dietary protein source on glucoregulatory markers and type 2 diabetes: different effects of dairy, meat, fish, egg, and plant protein foods. *Nutrients.* – 2016. – Vol. 8. № 8. – P. 446.
 24. Huhmann M.B., Yamamoto S., Neutel J.M., Cohen S.S., Gautier J.B.O. Very high-protein and low-carbohydrate enteral nutrition formula and plasma glucose control in adults with type 2 diabetes mellitus: a randomized crossover trial. *Nutrition and diabetes.* – 2018. – Vol. 8. № 1. – P. 1-8.
 25. Papakonstantinou E., Triantafyllidou D., Panagiotakos D.B., Koutsovasilis A., Saliaris M., Manolis A. et al. A high-protein low-fat diet is more effective in improving blood pressure and triglycerides in calorie-restricted obese individuals with newly diagnosed type 2 diabetes. *European Journal of Clinical Nutrition.* – 2010. – Vol. 64. № 6. – P. 595-602.
 26. Zhang J., An H., Ni K., Chen B., Li H., Li Y. et al. Glutathione prevents chronic oscillating glucose intake-induced β -cell dedifferentiation and failure. *Cell death and disease.* – 2019. – Vol. 10. № 4. – P. 1-13.
-

27. *Talchai C., Xuan S., Lin H.V., Sussel L., Accili D.* Pancreatic beta cell dedifferentiation as a mechanism of diabetic beta cell failure. *Cell.* – 2012. – № 150. – P. 1223–1234.
28. *Yang G., Yan R., Tong H., Zhang J., Chen B., Xue X.* Chronic oscillating glucose challenges disarrange innate immune homeostasis to potentiate the variation of neutrophil–lymphocyte ratio in rats with or without hidden diabetes mellitus. *Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy.* – 2018. – № 11. – P. 277-288.

Левченко А.С., ассистент

(Курский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации)

УДК 575.174.015.3:616.216-002-006.5:632.15

СВЯЗЬ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНОВ IL4, IL6 И TNF С РИСКОМ РАЗВИТИЯ ХРОНИЧЕСКОГО ПОЛИПОЗНОГО РИНОСИНУСИТА У ЛЮДЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ ВБЛИЗИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Во всем мире хронический полипозный риносинусит является весьма распространенной патологией среди пациентов оториноларингологических клиник, этиология и патогенез которой на сегодняшний день полностью не изучены. Однако существует много теорий, посвященных этой проблеме, причем в современных реалиях самой обсуждаемой является генетическая. Одним из возможных предрасполагающих факторов полипоза носа является проживание пациентов рядом с промышленными предприятиями. Цель исследования: провести анализ ассоциации полиморфизма генов IL4, IL6 и TNF с риском развития хронического полипозного риносинусита в зависимости от проживания вблизи промышленных предприятий. Материалы и методы: анкетирование, общеклинический осмотр, объективный осмотр, КТ и рентгенография околоносовых пазух, молекулярно-генетический анализ, статистическая обработка данных. Результаты: выявлена статистически значимая взаимосвязь между носительством генотипа C/G гена IL4 (rs1800795) ($OR=1,94$; 95% CI 1.03-3.66; $P=0.0018$) и повышенным риском развития хронического полипозного риносинусита у лиц, проживающих рядом с промышленными предприятиями. У исследуемых, не проживающих вблизи фабрик и заводов обнаружена ассоциация наличия генотипов T/T и T/C гена TNF (rs1799964) с повышенным риском развития хронического полипозного риносинусита ($OR=1,36$; 95% CI 1.03-1.79; $P=0.03$). Заключение: обнаруженные ассоциации могут являться подтверждением влияния проживания вблизи заводов и фабрик на развитие полипоза носа.

Ключевые слова: полиморфизм генов, полипоз носа, фабрики, заводы, риносинусит.

Levchenko A.S.

ASSOCIATION OF IL4, IL6 AND TNF GENES' POLYMORPHISM WITH THE RISK OF CHRONIC POLYPOUS RHINOSINUSITIS IN PEOPLE LIVING NEAR INDUSTRIAL PLANTS

All over the world, chronic polyposis rhinosinusitis is a very common pathology among patients of otorhinolaryngological clinics, the etiology and pathogenesis of which have not been fully studied to date. However, there are many theories devoted to this problem, and in modern realities, the genetic one is the most discussed. One of the possible predisposing factors for nasal polyposis is the residence of patients near industrial enterprises. Aim of the study: to analyze the association of IL4, IL6 and TNF gene polymorphism with the risk of developing chronic polyposis rhinosinusitis depending on living near industrial plants. Materials and methods: questionnaires, general clinical examination, physical examination, CT and radiography of the paranasal sinuses, molecular genetic analysis, statistical data processing. Results: a statistically significant relationship was found between the carriage of the C/G genotype of the IL4 gene (rs1800795) ($OR=1.94$; 95% CI 1.03-3.66; $P=0.0018$) and an increased risk of developing chronic polyposis rhinosinusitis in people living near industrial plants. In the subjects not living near factories and plants, an association was found between the presence of the T/T and T/C genotypes of the TNF gene (rs1799964) with an increased risk of chronic polyposis rhinosinusitis ($OR=1.36$; 95% CI 1.03-1.79; $P=0.026$). Conclusion: the found associations may be a confirmation of the influence of living near factories and factories on the development of nasal polyposis.

Keywords: gene polymorphism, nasal polyposis, factories, plants, rhinosinusitis.

Актуальность. В современном мире одним из самых часто встречающихся диагнозов в оториноларингологии является хронический полипозный риносинусит (ХПРС). В 2014 году на долю пациентов с этой патологией в России приходится около 1,3% , то есть до 1,5 млн больных [2]. Высокая распространенность такого заболевания обусловлена еще и тем, что до сегодняшнего дня не найдено адекватного этиотропного и патогенетического лечения, поскольку этиопатогенез до конца не изучен. Однако существует несколько теорий возникновения ХПРС. Самой интересной, по мнению ученых и оториноларингологов всего мира, является наследственная гипотеза формирования полипов носа. В последнее время все больше ученых стараются выявить гены, которые могли бы сыграть роль в возникновении и клинических проявлениях ХПРС. Однако часто их выводы дискутабельны и однозначного ответа на то, какие именно гены-кандидаты играют весомую роль в патогенезе назальных полипов, нет. Коллектив ученых Европейского соглашения по риносинуситам в 2020 году представил генетическую составляющую как один из факторов патофизиологии хронического полипозного риносинусита [8]. На процесс патогенеза различных заболеваний могут оказывать влияние так называемые полиморфизмы, обусловленные заменами единичных нуклеотидов в генах. Это может привести к тем или иным патологическим проявлениям и изменению защитных свойств организма. Выявление полиморфизмов генов, ассоциированных с патологией, может служить маркерами для профилактики, диагностики и лечения различных заболеваний [4]. Такие полиморфизмы чаще всего проявляют своё действие при условии влияния на них как-либо факторов внешней или внутренней среды. Результаты выявления связей какого-либо фенотипа заболевания с локусами того или иного гена с помощью набора однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) отражены в данных полногеномных ассоциативных исследований (GWAS) [3].

Поэтому цель нашей работы – выявить ассоциации полиморфизма генов *IL6*, *IL4* и *TNF* с вероятностью формирования хронического полипозного риносинусита в зависимости от проживания рядом с промышленными предприятиями.

Материалы и методы. Работа выполнена с одобрения Регионального этического комитета ФГБОУ ВО КГМУ (Протокол №8 от 10 октября 2016 г.). С 2016 по 2019 гг. на базе лор-отделений Курской областной клинической больницы и Курской городской клинической больницы №1 им. Н.С. Короткова после письменного информированного добровольного согласия было проведено обследование 959 добровольцев, среди которых в исследовании приняло участие 408 пациентов с подтвержденным диагнозом хронический полипозный риносинусит и 551 практически здоровых индивидов. В работе не принимали участие лица с тяжелой соматической патологией, наличием бактериального воспаления лор-органов, а также отказавшиеся от процедур исследования. Всем согласившимся был проведен стандартный комплекс оториноларингологического обследования, в том числе передняя и задняя риноскопия, эндоскопия носа, рентгенография и КТ околоносовых пазух, а также опрос по специально созданной для данного исследования анкете. Она включала отметки о более ста показателей, касающихся жалоб больных, анамнеза жизни и заболевания, данных объективного осмотра. В настоящей работе мы уделили пристальное внимание такому показателю, как проживание вблизи промышленных предприятий. Для анализа генетической составляющей нашего исследования у добровольцев был произведен забор 6 мл крови из кубитальной вены для хранения ее в пластиковых пробирках с этилендиаминетрауксусной кислотой (ЭДТА), после чего осуществлялось выделение дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) стандартным методом фенол-хлороформной экстракции. Завершающим этапом было генотипирование. Результаты генотипирования и анкетирования были обработаны статистически.

Результаты и обсуждение. У лиц, проживающих рядом с промышленными предприятиями, нами была выявлена взаимосвязь носительства генотипа C/G гена *IL4* (rs1800795) ($OR=1,94$; 95% CI 1.03-3.66; $P=0.002$) с высокой вероятностью развития ХПРС (таблица), в то время как среди исследуемых, не проживающих вблизи фабрик и заводов обнаружена ассоциация нали-

чия генотипов Т/Т и Т/С гена *TNF* (rs1799964) с повышенным риском формирования ХПРС (OR=1,36; 95% CI 1.03-1.79; *P*=0.026).

Таблица 1

Ассоциации полиморфных вариантов генов IL6, IL4 и TNF с риском развития ХПРС в зависимости от проживания рядом с фабриками и заводами

Ген (SNP)	Генотип	Больные ХПРС	Контрольная группа	P	corOR (95% CI)
		n (%)	n (%)		
Проживание рядом с фабриками и заводами					
<i>IL6</i> (rs1800796)	G/G	140 (83.8%)	65 (84.4%)	0.840	1.00
	G/C	26 (15.6%)	11 (14.3%)		1.10 (0.51-2.36)
	C/C	1 (0.6%)	1 (1.3%)		0.46 (0.03-7.54)
<i>IL4</i> (rs1800795)	G/G	49 (29.3%)	27 (35.1%)	0.002	1.00
	C/G	95 (56.9%)	27 (35.1%)		1.94 (1.03-3.66)
	C/C	23 (13.8%)	23 (29.9%)		0.55 (0.26-1.16)
<i>TNF</i> (rs1799964)	T/T	119 (71.3%)	49 (63.6%)	0.490	1.00
	T/C	41 (24.6%)	24 (31.2%)		0.70 (0.38-1.29)
	C/C	7 (4.2%)	4 (5.2%)		0.72 (0.20-2.57)
Отсутствие проживания рядом с фабриками и заводами					
<i>IL6</i> (rs1800796)	G/G	226 (86.3%)	397 (87.6%)	0.560	1.00
	G/C	35 (13.4%)	52 (11.5%)		1.18 (0.75-1.87)
	C/C	1 (0.4%)	4 (0.9%)		0.44 (0.05-3.95)
<i>IL4</i> (rs1800795)	G/G	74 (28.2%)	138 (30.5%)	0.190	1.00
	C/G	136 (51.9%)	205 (45.2%)		1.24 (0.87-1.77)
	C/C	52 (19.9%)	110 (24.3%)		0.88 (0.57-1.36)
<i>TNF</i> (rs1799964)	T/T	189 (72.1%)	289 (63.8%)	0.026	1.00
	T/C	68 (25.9%)	143 (31.6%)		0.73 (0.52-1.02)
	C/C	5 (1.9%)	21 (4.6%)		0.36 (0.13-0.98)

Несмотря на то, что внешние факторы окружающей среды как провоцирующий триггер развития полипоза носа все чаще обсуждаются учеными, некоторые исследователи такую теорию не подтверждают: например, во Франции в 2002 году не обнаружено влияния экзогенных агентов на формирование ХПРС [7]. Однако еще задолго до этих выводов другими иностранными учеными миру была представлена публикация с результатами оториноларингологического обследования 285 рабочих цеха хромирования на заводе – у 87% были найдены отклонения, в том числе и ХПРС [17]. Еще несколько научных работ посвящено роли токсических выбросов с фабрик в функционировании носа и околоносовых пазух [10, 15]. Ученые из Китая в 2015-2016 гг.

проводили изучение влияния мелких частиц различного генеза, в том числе и производимых промышленными предприятиями Пекина, на состояние слизистой оболочки носа и придаточных пазух. Было выяснено, что эти частицы способствуют возникновению окислительного стресса, экспрессии генов провоспалительных цитокинов, обострению процессов воспаления с участием Т-хелперов 2 типа. В выводах китайских ученых обозначено увеличение секреции провоспалительных цитокинов у пациентов с назальным полипозом при воздействии мелких частиц, выбрасываемых фабриками и заводами, на слизистую [18].

В публикациях отечественных и иностранных исследователей нами не обнаружено выводов о генетической ассоциации назального полипоза среди пациентов, которые живут недалеко от заводов и фабрик. В нашей же работе выявлены статистически весомые взаимосвязи: у больных с ХПРС с наличием вышеупомянутого фактора среды имеет место высокая вероятность появления полипоза носа в связи с ассоциацией носительства генотипа C/G гена IL4 (rs1800795) ($OR=1,94$; 95% CI 1.03-3.66; $P=0.002$). Ген IL4 находится на длинном плече хромосомы 5, рядом с геном IL13, расстояние между ними составляет примерно 20 килобаз [5]. Цитокин IL4 – один из членов группы противовоспалительных медиаторов, главным образом секретируемый Т-лимфоцитами. Также его могут продуцировать В-лимфоциты, тучные клетки, базофилы. Он участвует в регуляции дифференцировки и пролиферации В-клеток, может ингибировать продукцию некоторых провоспалительных цитокинов макрофагами [1]. Высокий уровень этого медиатора в слизистой носа и его придаточных пазух у пациентов с хроническим риносинуситом обнаружили ученые из Южной Кореи и пришли к выводу, что IL4 может способствовать хронизации процесса [13].

Также нами было обнаружено, что у лиц, которые не проживают рядом с промышленными предприятиями, высокая предрасположенность к формированию назального полипоза связана с присутствием генотипов T/T и T/C гена TNF (rs1799964) ($OR=1,36$; 95% CI 1.03-1.79; $P=0.026$). Данный ген расположен на хромосоме 6, содержит 4 экзона и имеет длину около 3 килобаз. Цитокин TNF участвует в разрушении опухолевых клеток, может регулировать секрецию других цитокинов [6]. Ассоциаций с полиморфизмом гена IL6 в нашем исследовании не выявлено. IL6 это гликопротеин, секретируемый клетками врожденного иммунитета – дендритными и тучными клетками, а так же может продуцироваться фибробластами, эндотелиальными и эпителиальными клетками [11]. Этот медиатор обладает как провоспалительными, так и противовоспалительными свойствами, может оказывать гормоноподобное действие и влиять на гомеостаз [12], а ген IL6 находится в области хромосомы 7 и содержит 5 экзонов и 4 интрона [14]. Коллектив научных работников из США обнаружили повышенную концентрацию данного цитокина в тканях носовых полипов у пациентов с ХПРС [9].

Таким образом, нами выявлены статистически значимые ассоциации полиморфизмов генов IL6, IL4 и TNF с риском возникновения ХПРС в зависимости от наличия неблагоприятного экзогенного агента среды. Дальнейшее изучение в этом направлении пополнит уже имеющуюся информацию о предрасполагающих факторах развития полипоза носа, что немаловажно для врачей при проведении диагностики, а так же профилактических и лечебных процедур в отношении ХПРС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ешмолов, С.Н. Цитокины ФНО-α, ИФН-γ, ИЛ-1, ИЛ-4, ИЛ-8 и их роль в иммунном ответе при инфекционном поражении ЦНС у детей / С. Н. Ешмолов, И. Г. Ситников, И. М Мельникова // Детские инфекции. – 2018. – Т. 17, № 1. – С. 17–22 <https://doi.org/10.22627/2072-8107-2018-17-1-17-22>
2. Полипозный риносинусит. Клинические рекомендации / С.В. Рязанцев [и др.]. – М. : СПб, 2014.
3. Полоников, А.В. Биоинформационные инструменты и интернет-ресурсы для оценки регуляторного потенциала полиморфных локусов, установленных полногеномными ассоциатив-

- ными ис-следованиями мультифакториальных заболеваний (обзор). / А.В. Полоников, Е.Ю. Клёсова, Ю.Э. Азарова // Научные результаты биомедицинских исследований. – 2021. – Т.7, №1. – С.15–31. DOI: 10.18413/2658-6533-2020-7-1-0-2
4. Симбирцев, А.С. Роль полиморфизма генов цитокинов в регуляции воспаления и иммунитета / А.С. Симбирцев, А.Ю. Громова, А.В. Рыдловская // Медицинский академический журнал. – 2006. – Т. 6., №. 1. – С. 144–150.
 5. Association between IL-4 genotype and IL-4 production in the Japanese population / H. Nakashima. [et al.] // Genes and immunity. – 2002. – Vol. 3, № 2. – P. 107–109.
 6. Chu, W.M. Tumor necrosis factor / W.M. Chu // Cancer Letters. – 2013. –Vol. 328, № 2. – P. 222–225. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2012.10.014>
 7. Epidemiological and clinical aspects of nasal polyposis in France; the ORLI group experience / Rugina M. [et al.] // Rhinology. – 2002. – Vol. 40, № 2. – P. 75–79.
 8. European position paper on rhinosinusitis and nasal polyps 2020 / Fokkens W. J. [et al.] // Rhinology. – 2020. – Vol. 58 (Suppl. 29). – P. 1–464 <https://doi.org/10.4193/Rhin20.600>
 9. Evidence for altered activity of the IL-6 pathway in chronic rhinosinusitis with nasal polyps / Peters A. T. [et al.] // Journal of allergy and clinical immunology. – 2010. – Vol. 125, № 2. – P. 397–403. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2009.10.072>
 10. Flanagan, C.E. Sinonasal effects of drugs and toxins: Sataloff's comprehensive textbook of otolaryngology: head and neck surgery: pediatric otolaryngology / C. E. Flanagan, S. K. Wise. – The health sciences publisher., 2015. – 297p.
 11. Hirano, T. Interleukin 6 and its receptor: ten years later / T. Hirano // International reviews of immunology. – 1998. – Vol. 16, № 4. – P. 249–284.
 12. Hunter, C.A., Jones, S.A. IL-6 as a keystone cytokine in health and disease / C. A. Hunter, S. A. Jones // Nature immunology. – 2015. – Vol. 16, № 5. – P. 448–457. <https://doi.org/10.1038/ni.3153>
 13. Increased expression of IL-4, IL-5, IFN- γ , IL-6, IL-8, and TGF- β mRNAs in maxillary mucosa of patients with chronic sinusitis / Y. G. Min [et al.] // American journal of rhinology. – 1999. – Vol. 13, № 5. – P. 339–344.
 14. Lotz, M. Interleukin-6 / M. Lotz // Cancer investigation. – 1993. – Vol. 11, № 6. – P. 732–742.
 15. Occupational and environmental risk factors for chronic rhinosinusitis in China: a multicentre cross-sectional study / W. X. Gao [et al.] // Respiratory research. – 2016. – Vol. 17, № 1. – P. 1–7. <https://doi.org/10.1186/s12931-016-0366-z>
 16. Polymorphisms of IL4, IL13, and ADRB2 genes in COPD / A. E. Hegab [et al.] // Chest. – 2004. – Vol.. 126, № 6. – P. 1832–1839.
 17. Results of an otorhinolaryngological investigation of factory workers, with particular regard to chromium poisoning / S. Csillag [et al.] // Nepegeszsegugy. – 1959. – Vol. 40, № 7. – P. 177–180.
 18. The effect of fine particulate matter on the inflammatory responses in human upper airway mucosa / H. Qing [et al.] // American journal of respiratory and critical care medicine. – 2019. – Vol. 200, №. 10. – P. 1315–1318. <https://doi.org/10.1164/rccm.201903-0635LE>

Левченко А.С., ассистент

(Курский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации)

УДК 648.18:575.174.015.3:616.216-002-006.5

ЧАСТЫЙ КОНТАКТ С БЫТОВОЙ ХИМИЕЙ КАК ФАКТОР АССОЦИАЦИИ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНОВ IL4 И TNF С РИСКОМ РАЗВИТИЯ ХРОНИЧЕСКОГО ПОЛИПОЗНОГО РИНОСИНУСИТА

В настоящее время хронический полипозный риносинусит является очень распространенным заболеванием. Существует множество предположений относительно факторов риска и этиопатогенеза данного заболевания. На сегодняшний день интерес ученых сфокусирован на генетической теории, так как считается, что назальный полипоз имеет наследственную природу. Цель нашего исследования – установить влияние частого контакта с бытовой химией на ассоциации полиморфизмов генов IL4 и TNF с риском развития хронического полипозного риносинусита. Методы исследования: анкетирование, общий оториноларингологический осмотр, КТ, МРТ или рентгенография придаточных пазух носа, молекулярно-генетический анализ, статистическая обработка полученных данных. Результаты. Установлена ассоциация носительства генотипа T/C гена TNF (rs1799964) ($OR=0.63$; 95% CI 0.44-0.92; $P=0.03$) с пониженным риском развития хронического полипозного риносинусита у лиц, не имеющих частого контакта с бытовой химией. Повышенная вероятность формирования этой патологии у данной группы исследуемых связана с наличием генотипа C/G гена IL4 (rs1800795) ($OR=1.47$; 95% CI 1.01-2.13; $P=0.10$). Не обнаружено статистически весомых ассоциаций у исследуемых с частым контактом с бытовой химией.

Ключевые слова: бытовая химия, полипы носа, полиморфизм генов, полипозный риносинусит, ассоциации генов.

Levchenko A.S.

FREQUENT CONTACT WITH HOUSEHOLD CHEMICALS AS A FACTOR IN THE ASSOCIATION OF IL4 AND TNF GENES' POLYMORPHISM WITH THE RISK OF CHRONIC POLYPOUS RHINOSINUSITIS'S DEVELOPMENT

Currently chronic polypous rhinosinusitis is a very common disease. There are many assumptions regarding the risk factors and etiopathogenesis of this disease. Today the interest of scientists is focused on genetic theory, since it is believed that nasal polyposis is hereditary. The aim of our study is to establish the effect of frequent contact with household chemicals on the association of IL4 and TNF genes' polymorphisms with the risk of developing chronic polypous rhinosinusitis. Research methods: questioning, general otorhinolaryngological examination, CT, MRI or radiography of the paranasal sinuses, molecular genetic analysis, statistical processing of the data obtained. Results. An association was established between the carriage of the T/C genotype of the TNF gene (rs1799964) ($OR = 0.63$; 95% CI 0.44-0.92; $P=0.03$) with a reduced risk of chronic polypous rhinosinusitis in individuals who do not have frequent contact with household chemicals. The increased probability of the formation of this pathology in this group of subjects is associated with the presence of the C/G genotype of the IL4 gene (rs1800795) ($OR = 1.47$; 95% CI 1.01-2.13; $P=0.10$). No statistically significant associations were found in the subjects with frequent contact with household chemicals.

Key words: household chemicals, nasal polyps, gene polymorphism, polypous rhinosinusitis, gene associations.

Актуальность. Хронический полипозный риносинусит (ХПРС) – это воспалительный процесс полости носа и околоносовых пазух, сопровождающийся воспалительной инфильтрацией

слизистой оболочки с дальнейшим повреждением коллагеновых структур, что приводит к ремоделированию слизистой оболочки и развитию полипов [4]. ХПРС в наше время состоит в списке самых распространенных патологий среди пациентов лор-клиник. В России количество пациентов, страдающих полипозом носа, составляет около 5 млн человек, а рецидивы встречаются в 60% случаев [3]. Невзирая на высокую частоту встречаемости, механизм патогенеза этого заболевания окончательно не выявлен. До конца не выяснена и этиология, но считается, что ХПРС является мультифакториальной патологией. Существует также мнение, что она имеет наследственную природу. Например, в 2015 году было замечено, что у родственников первой линии родства вероятность формирования полипов носа в 4,1 раза выше [10]. О генетической предрасположенности ХПРС спорят исследователи всего мира, но часто их выводы оказываются противоречивыми. Связующим звеном всех научных изысканий по поводу генетики назального полипоза является убеждение, что на развитие ХПРС влияют так называемые одноклеотидные полиморфизмы генов (SNP). Другими словами, это различия в последовательности дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) на один нуклеотид. Именно эти замены под воздействием экзо- и эндогенных факторов среды человека и обуславливают развитие заболевания. Однако геном человека включает в себя множество генов и их абсолютное количество установить нельзя [2]. Для формирования более ясного представления о формировании заболевания немаловажное значение имеет выявление новых генов, принимающих участие в генезе полигенных мультифакторных патологий [5]. До сих пор не изучены все гены-кандидаты ХПРС, хотя особый интерес представляют собой гены цитокинов. Считается, что при этом заболевании преобладает иммунное воспаление с клетками Т-хелперами 2 типа, а в качестве биомаркеров могут выступать интерлейкин 1 бета (IL1 β), интерлейкин 4 (IL4), интерлейкин 5 (IL5), интерлейкин 6 (IL6), интерлейкин 8 (IL8); интерлейкин 13 (IL13), интерлейкин 17 альфа (IL17 α), интерлейкин 22 (IL22), фактор некроза опухоли (TNF), интерферон гамма (IFN), эозинофильный катионный белок и другие [1]. Некоторые ученые такие выводы не считают аксиомой, так как были показаны различия в иммунологическом профиле полипоза носа у лиц разных этнических групп: среди жителей Китая у пациентов с ХПРС наблюдалась поляризация клеток Т-хелперов 1 типа с преобладанием нейтрофильного типа воспаления и гиперпродукцией IL8 и интерлейкина 17 (IL17); а у представителей европейского населения с назальным полипозом превалировали иммунные реакции с участием Т-хелперов 2 типа и чаще встречался эозинофильный тип воспаления [14]. Можно сделать вывод, что большинство научных трудов, посвященных наследственной предрасположенности ХПРС, включают в себя результаты изучения полиморфизмов генов цитокинов.

Цель нашей работы – изучить частый контакт с бытовой химией как фактор ассоциации полиморфизма генов IL4 и TNF с риском развития хронического полипозного риносинусита.

Материалы и методы. Научное исследование одобрено на заседании Регионального этического комитета ФГБОУ ВО КГМУ (Протокол №8 от 10 октября 2016 г.). Для проведения данного исследования на базе лор-отделений БМУ КОКБ и Курской городской клинической больницы №1 им. Н.С. Короткова г. Курска среди пациентов были сформированы две одинаковые по популяционным, расовым, этническим и возрастным характеристикам группы. В первую группу вошли пациенты с хроническим полипозом носа, ко второй группе относились условно здоровые лица, не имеющие ХПРС (контроль). Исключались пациенты с тяжелыми сопутствующими соматическими патологиями, наличием онко-заболеваний, с наличием гнойно-воспалительных процессов в лор-органах, не подходящие по возрасту (младше 18 и старше 60 лет), а также отказавшиеся от исследования. Все добровольцы были проинформированы о целях работы, информированное добровольное согласие было предоставлено в письменной форме. Представителям обеих групп был выполнен стандартный комплекс оториноларингологического обследования, дополнительные методы исследования – КТ, рентгенография околоносовых пазух, а также анализ лабораторных показателей. В качестве материала для генетического исследования высту-

пала венозная кровь, взятая из кубитальной вены в объеме 6мл. Кровь хранилась в пластиковых пробирках с ЭДТА при температуре минус 20 градусов на протяжении всех стадий научной работы. Молекулярно-генетический этап включал выделение дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) стандартным методом фенол-хлороформной экстракции и генотипирование. Полученные результаты были обработаны статистически при помощи ресурса SNPstats.

Результаты и обсуждение. При анализе ассоциаций полиморфизмов генов *IL4* и *TNF* с риском развития ХПРС в зависимости от наличия частого контакта с бытовой химией у исследуемых с отсутствием этого фактора среди нами было обнаружено наличие ассоциации генотипа Т/С гена *TNF* (rs1799964) ($OR=0.63$; 95% CI 0.44-0.92; $P=0.03$) с пониженным риском развития ХПРС. Высокая вероятность развития назального полипоза у лиц, которые не контактируют с бытовой химией, обусловлена присутствием генотипа С/G гена *IL4* (rs1800795) ($OR=1,47$; 95% CI 1.01-2.13; $P=0.10$). Среди пациентов с частым контактом с бытовой химией статистически весомых закономерностей не обнаружено (таблица).

Таблица 1

Анализ ассоциаций полиморфизмов генов *IL4* и *TNF* с риском развития ХПРС в зависимости от наличия частого контакта с бытовой химией

Ген (SNP)	Генотип	Больные ХПРС		<i>P</i>	corOR (95% CI)
		n (%)	n (%)		
Наличие частого контакта с бытовой химией					
<i>IL4</i> (rs1800795)	G/G	66 (30.7)	10 (25)	0.22	1.00
	C/G	111 (51.6)	18 (45)		0.93 (0.41-2.14)
	C/C	38 (17.7)	12 (30)		0.48 (0.19-1.22)
<i>TNF</i> (rs1799964)	T/T	148 (68.8)	22 (55)	0.16	1.00
	T/C	61 (28.4)	15 (37.5)		0.60 (0.29-1.24)
	C/C	6 (2.8)	3 (7.5)		0.30 (0.07-1.28)
Отсутствие частого контакта с бытовой химией					
<i>IL4</i> (rs1800795)	G/G	59 (26.9%)	160 (33%)	0.10	1.00
	C/G	114 (52%)	211 (43.5%)		1.47 (1.01-2.13)
	C/C	46 (21%)	114 (23.5%)		1.09 (0.69-1.72)
<i>TNF</i> (rs1799964)	T/T	162 (74%)	310 (63.9%)	0.03	1.00
	T/C	50 (22.8%)	151 (31.1%)		0.63 (0.44-0.92)
	C/C	7 (3.2%)	24 (5%)		0.56 (0.24-1.32)

Факторы среды, влияющие на возникновение полипоза носа могут быть как внутренними (например, наличие аллергии), так и внешними (курение, неблагоприятные условия труда, про-

живание рядом с работающими фабриками и заводами и др.) [7]. Частый контакт с бытовой химией как провоцирующий фактор развития ХПРС упоминается в трудах отечественных и зарубежных ученых [17]. Ученые из США в 2015 году опубликовали результат анализа литературных источников, посвященных профессиональным и экологическим факторам риска хронического риносинусита и пришли к выводу, что вредные условия жизни и работы могут пагубно сказываться на течении хронического риносинусита, как с полипами, так и без них [13]. Однако каких-то отдельных исследований, направленных на изучение влияния конкретного фактора среды на развитие ХПРС в ресурсах зарубежной и отечественной литературы нами не найдено. Нет и информации об ассоциациях полиморфизма генов с риском возникновения назального полипоза в зависимости от присутствия того или иного экзогенного фактора. Нами же установлены статистически значимые взаимосвязи: у исследуемых без частого контакта с бытовой химией повышается вероятность появления полипоза в связи с наличием генотипа C/G гена *IL4* (rs1800795) ($OR=1,47$; 95% CI 1.01-2.13; $P=0.10$), а присутствие генотипа T/C гена *TNF* (rs1799964) ($OR=0.63$; 95% CI 0.44-0.92; $P=0.03$) снижает риск развития ХПРС.

Цитокин *IL4* активирует макрофаги, принимает участие в регуляции процессов с участием миелоидных клеток, лимфоцитов, а также тех клеток, которые не участвуют в гемопоэзе. Он способствует дифференцировке Т-клеток в Т-хелперы 2 типа, а в В-клетках влияет на переключение иммуноглобулинов (Ig) в IgG1 и IgE [12]. Ген *IL4* картирован на хромосоме 5q31 рядом с генами *IL13*, *IL5*, *IL3* и *IL9*, был полностью секвенирован [8]. В 2019 году исследователи из Ирана опубликовали данные о положительной взаимосвязи полиморфизма C-590T гена *IL4* с риском развития ХПРС ($P<0.0001$) [9]. Весьма активным в отношении регуляторных процессов является и фактор некроза опухолей (TNF): он участвует в дифференцировке, пролиферации, апоптозе различных клеток, играет роль в ремоделировании тканей, а также способствует десенсибилизации макрофагов и подавлению онкогенеза [6]. Ген *TNF* расположен на хромосоме 6p21.3 и содержит множество полиморфизмов [11]. Иностранные коллеги обнаружили мРНК этого цитокина в большинстве образцов назальных полипов [16], а метаанализ китайских ученых выявил наличие ассоциации полиморфизма гена *TNF* (rs1800629 G/A) с риском развития ХПРС [15].

Таким образом, мы установили наличие ассоциаций полиморфизма генов *IL4* и *TNF* с риском развития хронического полипозного риносинусита в зависимости от наличия частого контакта с бытовой химией у пациентов Курской области. Более глубокое изучение взаимосвязи генетических полиморфизмов у пациентов с ХПРС имеет весьма важное значение, так как выявление наследственной предрасположенности к этому заболеванию, как и влияние факторов риска на генетические ассоциации, поможет оториноларингологам актуализировать как профилактические, так и лечебные мероприятия в отношении назального полипоза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кирдеева, А.И. Особенности эндотипирования и фенотипирования хронического риносинусита / А.И. Кирдеева, С.Я. Косяков // Российская ринология. – 2017. – Т. 25, №. 2. – С. 58–63.
2. Краснова, М.Г. Картирование генома человека / М.Г. Краснова // Biological sciences. – 2019. – Т. 26, №50. – С. 9–10.
3. Показатели качества жизни пациентов с хроническим полипозным риносинуситом (Ерёменко М.А.). Актуальные проблемы современной медицины и фармации 2019 [Электронный ресурс]: сборник материалов LXXIII Междунар. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых (5-17 апр. Минск, 2019 г.) / Ерёменко М.А.; под ред. А.В. Сикорского, В.Я. Хрыщановича. – Минск: БГМУ, 2019. – С. 1124-1127. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
4. Показатели клеточного иммунитета пациентов с хроническим полипозным риносинуситом / Е.Л. Савлевич [и др.] // Медицинская иммунология. – 2017. – Т. 19, №. 6. – С.731–738.
<https://doi.org/10.15789/1563-0625-2017-6-731-738>

5. Полоников, А.В. Биоинформационные инструменты и интернет-ресурсы для оценки регуляторного потенциала полиморфных локусов, установленных полногеномными ассоциативными ис-следованиями мультифакториальных заболеваний (обзор). / А.В. Полоников, Е.Ю. Клёсова, Ю.Э. Азарова // Научные результаты биомедицинских исследований. – 2021. – Т.7, №1. – С.15–31. DOI: 10.18413/2658-6533-2020-7-1-0-2
6. Роль фактора некроза опухолей-альфа в иммунопатогенезе заболеваний различной этиологии и его значимость в развитии антицитокиновой терапии моноклональными антителами / Е. В. Воронина [и др.] // Медицинская иммунология. – 2018. – Т. 20, № 6. – С. 797–806 <https://doi.org/10.15789/1563-0625-2018-6-797-806>
7. Эпидемиология полипозных риносинуситов / А. А. Ланцов [и др.] // СПб.: РИА-АМИ, 1999. – 96 с.
8. A complete screening of the IL4 gene: novel polymorphisms and their association with asthma and IgE in childhood / M. Kabesch [et al.] // Journal of allergy and clinical immunology. – 2003/ – Vol.112, № 5. – P. 893–898. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2003.08.033>
9. C-590T promoter polymorphism of the interleukin (IL)-4 gene is associated with an increased susceptibility to nasal polyposis / M. Mohammadi [et al.] // Reports of biochemistry and molecular biology. – 2019. – Vol. 7, № 2. – P. 129–135.
10. Chronic rhinosinusitis with nasal polyps / W. W. Stevens, [et al.] // The journal of allergy and clinical immunology: in practice. – 2016. – Vol. 4, №4. – P. 565–572. doi:10.1016/j.jaip.2016.04.012
11. Hajeer, A.H. TNF $\square\alpha$ gene polymorphism: clinical and biological implications / A. H. Hajeer, I. V. Hutchinson // Microscopy research and technique. – 2000. – Vol. 50, № 3. – P. 216–228. [https://doi.org/10.1002/1097-0029\(20000801\)50:3%3C216::aid-jemt5%3E3.0.co;2-q](https://doi.org/10.1002/1097-0029(20000801)50:3%3C216::aid-jemt5%3E3.0.co;2-q)
12. Junntila, I.S. Tuning the cytokine responses: an update on interleukin (IL)-4 and IL-13 receptor complexes / I. S. Junntila // Frontiers in immunology. – 2018. – Vol. 9.– P. 888. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.00888>
13. Occupational and environmental risk factors for chronic rhinosinusitis: a systematic review / A. S. Sundaresan [et al.] // International forum of allergy and rhinology. –2015. – Vol. 5, № 11. – P. 996–1003. doi:10.1002/alr.21573
14. Predictive markers of long-term recurrence in chronic rhinosinusitis with nasal polyps / R. Davide [et al.] // American journal of otolaryngology. – 2019. – Vol. 41, №1. – P. 102286 <https://doi.org/10.1016/j.amjoto.2019>.
15. The role of TNF alpha polymorphism and expression in susceptibility to nasal polyposis / G. Zhang [et al.] // Immunological investigations. – 2018. – Vol. 47, № 4. – P. 360–371. <https://doi.org/10.1080/08820139.2018.1433204>
16. TNF-alpha production by eosinophils in upper airways inflammation (nasal polyposis / S. Finotto [et al.] // The journal of immunology. – 1994. – Vol. 153, №. 5. – P. 2278–2289.
17. Understanding the patient experience of severe, recurrent, bilateral nasal polyps: a qualitative interview study in the United States and Germany / R. Hall [et al.] // Value in health. – 2020. – Vol. 23, №. 5. – P. 632–641. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2019.11.005>

Экология

*Грабовская Н.И., старший преподаватель
Хусаинова Р.К., кандидат сельскохозяй-
ственных наук, ассоциированный профес-
сор*

Сафонова Н.М., кандидат биологических наук, ассоциированный профессор

Курманбаева А.С., кандидат биологических наук, ассоциированный профессор

Хусаинов А.Т., доктор биологических наук, профессор

(Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова, Казахстан)

Minnesota, Massachusetts,

DOI: 10.25633/ETN.2021.07.04

ВЛИЯНИЕ СВИНЦА НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН И РОСТОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ КРЕСС-САЛАТА (*LEPIDIUM SATIVUM L.*)

В условиях лабораторно-вегетационного опыта изучено влияние различных доз свинца (60, 120, 180, 240, 300, 360, 480, 600 мг Pb^{2+} /л) на посевные качества семян (энергия прорастания, всхожесть) и ростовые показатели (длина корня, высота побега, сырая биомасса) растений кress-салата (*Lepidium sativum* L.) сорта Весенний. Сделан вывод о высокой устойчивости кress-салата к свинцу и целесообразности использования высоких концентраций свинца – от 240 до 600 мг Pb^{2+} /л, что соответствует приблизительно 40–100 ПДК (Pb), при проведении тестов по изучению эффективности фитоадаптагенов в условиях свинцового загрязнения среды, так как именно в таком диапазоне концентраций растения кress-салата проявляют чувствительность к данному фактору, а доза 600 Pb^{2+} /л является летальной, вызывая гибель более 50% всех растений вследствие полного ингибирования развития корневой системы.

Ключевые слова: Кресс-салат, концентрация свинца, посевные качества семян, ростовые показатели растений, фитотоксичность.

Grabovskaya N.I.

Khusainova R.K.

Safranova N.M.

Kurmanbayeva A.S.

Khusainov A. T.

THE EFFECTS OF LEAD ON SEED QUALITY AND GROWTH PARAMETERS OF WATERCRESS (*LEPIDIUM SATIVUM L.*)

In the present research, various doses of lead were examined under the conditions of a laboratory-vegetative experiment, such as the effect of (60, 120, 180, 240, 300, 360, 480, 600 mg of Pb^{2+}/l) on the sowing quality of seeds (germination energy, germination rate) and growth indicators (length root, shoot height, raw biomass) as well as Vesenniy watercress plants (*Lepidium sativum L.*). It is concluded that a garden cress is highly resistant to lead. It is advisable to use high concentrations of lead – 240-600 mg Pb^{2+}/l , when conducting tests to study the effectiveness of phyto-adaptogens in the condition of lead pollution, as it corresponds to approximately 40-100 MPC (Pb^{2+}). At such a lead concentration, watercress plants are sensitive to this factor, and a dose of 600 Pb^{2+}/l is lethal, causing the death of more than 50% of all plants as a result of complete inhibition of the development of the root system.

Keywords: Watercress, lead concentration, seed quality, plant growth indicators, phytotoxicity.

Свинец – один из наиболее распространенных в агроландшафтах тяжелых металлов (ТМ): по степени распространённости занимает второе место, уступая лишь цинку [1]. Согласно нормативным документам [2], этот ТМ наряду с кадмием, ртутью, мышьяком и цинком относится к I классу опасности (высоко опасные), и, оказывают вредное действие на тест-организмы при концентрации в питательном растворе до 1 мг/л. Необходимо отметить, что по ГН 2.1.7.2041-06. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве» [3] ПДК подвижного свинца в среде составляет 6 мг/кг (л). В то же время, в экспериментах [4–25] показано, что токсическое воздействие свинца на растения проявляется при концентрациях на 1–2 порядка превышающих установленную ПДК. Ввиду имеющихся разнотечений, касающихся степени токсичности свинца, была поставлена следующая цель исследования: посредством анализа показателей посевных качеств семян и ростовых показателей 5-тидневных растений крестоцветного (Lepidium sativum L.) сорта Весенний, помещённых в среду с различной концентрацией свинца, оценить степень его фитотоксичности. Крестоцветный был выбран в качестве тест-объекта, потому что он обладает повышенной чувствительностью к загрязнению среды ТМ, при этом способен аккумулировать и накапливать ТМ, в том числе и свинец [4;5]. Подобное исследование имеет большое практическое значение, так как знание пороговой дозы чрезвычайно важно, например, для поиска эффективных адаптогенов и биостимуляторов растений в условиях загрязнения среды ТМ.

Объект и методы исследований. Семена крестоцветного (Lepidium sativum L.) сорта Весенний проращивали в прозрачных пластиковых контейнерах в течение 7 суток при 20°C на фильтровальной бумаге с добавлением водных растворов, содержащих различные дозы Pb²⁺. Свинец в среду вносили в виде соли ацетата свинца – Pb(CH₃COO)₂·3(H₂O). При этом использовались следующие концентрации: 60, 120, 180, 240, 300, 360, 480, 600 мг Pb²⁺/л. В ходе исследования были проанализированы следующие показатели: энергия прорастания и всхожесть семян, высота надземной части и длина корня, сырая биомасса. Энергия прорастания семян определялась по количеству наклонувшихся семян на 2-е сутки, а всхожесть – по количеству проросших семян на 3-и сутки после закладки опыта. Энергию прорастания и всхожесть выражали в процентах. Для измерения биометрических показателей 5-тидневные растения расчленяли, измеряли высоту надземных органов и длину корней. Сырую биомассу каждого растения определяли путём взвешивания на электронных весах ВЛКТ-М. Повторность опытов 3-х кратная, аналитические повторности 3-х кратные, количество семян в каждом из вариантов (N) = 50. Достоверность полученных результатов оценивалась путём расчёта оптимального объёма выборки, дисперсии, стандартных ошибок и отклонения, доверительного интервала (P≥ 0,95) с помощью пакета программ MS Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Как свидетельствуют многочисленные данные исследований, прорастание семян относится к процессам, обладающим пониженной чувствительностью к действию ТМ [6 – 9]. Например, эксперименты Казниной Н.М. показали, что семена ячменя обыкновенного и овса посевного сохраняли почти 100%-ную всхожесть даже при достаточно высоких концентрациях свинца – до 1000 мг Pb²⁺/кг субстрата в корнеобитаемой среде, а снижение накопления биомассы, в том числе и подземных органов относительно контроля, наблюдалось в присутствии свинца в концентрации 800 мг/кг субстрата [10].

В ходе проведения исследования были определены особенности влияния различных доз свинца на посевные качества семян и ростовые показатели крестоцветного. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние различных концентраций свинца на посевные качества семян и ростовые показатели 5-тидневных растений крест-салата (*Lepidium sativum L.*), сорт Весенний. ($P \geq 0,95$)

Концентрация Pb^{2+} , мг/л	Энергия прорастания семян (на 2-й день), в %	Всходесть семян (на 3-й день), в %	Длина корня, см	Высота надземной части, см	Сырая биомасса 1-го растения, мг
Контроль	90	95	7,1±1,85	2,8±0,5	0,07±0,025
60	95	95	6,0±1,0	3,35±0,45	0,06±0,015
120	85	90	7,8±1,5	3,2±0,7	0,07±0,02
180	100	100	7,45±1,9	3,3±0,6	0,06±0,15
240	90	90	4,4±0,85	3,6±0,5	0,06±0,02
300	100	100	3,5±0,9	3,4±0,5	0,05±0,015
360	95	95	3,0±0,9	3,25±0,5	0,05±0,025
480	95	100	2,5±0,8	2,8±0,7	0,03±0,009
600	100	100	0,65±0,2	2,1±0,8	0,02±0,0085

Дозы свинца от 60 до 600 мг/л не оказали токсического действия на посевные качества семян, и показатели энергии прорастания и всхожести практически не отличались от контрольного варианта, колеблясь в пределах от 85 до 100% от общего количества семян. Более того, семена, помещённые в среду с концентрацией 600 мг Pb^{2+} /л, обладали всхожестью, превосходящей контрольный вариант на 5%, что свидетельствует о низкой чувствительности данного процесса к воздействию высоких концентраций свинца.

Аналогичный эффект был отмечен при исследовании влияния повышенных доз свинца на посевные качества семян растений, принадлежащих к различным систематическим группам: моркови сорта Витаминная 6 [11], донника жёлтого (*Melilotus officinalis*) и люцерны посевной (*Medicago sativa*) [12], ромашки лекарственной (*Matricaria chamomilla L.*) [13], а при исследовании влияния различных доз свинца на семена ячменя сорта Новичок [14], овса посевного и горчицы белой, был отмечен нулевой эффект, т. е. вышеуказанные показатели не отличались от таковых в контрольном варианте [15]. Как было показано Филипповым Э.В. и др. [13], при изучении влияния малых концентраций ионов свинца и кадмия на развитие проростков ромашки лекарственной (*Matricaria chamomilla L.*), под действием ионов ТМ в диапазоне концентраций 3÷120 мкМ отмечается тенденция к увеличению активности компонентов антиоксидантной защиты низкомолекулярной и ферментативной природы, интенсивности перекисного окисления липидов и содержания фотосинтетических пигментов. Вероятно, определённые концентрации ТМ, выполняют роль стрессорного фактора, мобилизующего защитные механизмы, что отражается, в том числе, и на посевных качествах семян. Предполагаем, что стимулирующий эффект может быть связан как с химической скарификацией семян, так и с барьерной функцией семенной оболочки, в какой-то степени могут препятствовать проникновению свинца к зародышу.

По истечении 5-ти суток после прорастания семян было проанализировано влияние различных концентраций свинца на ростовые показатели и накопление биомассы растений крест-

салата (Таб.1). По результатам опыта было установлено, что ингибирующее влияние ионов свинца было более выражено на росте корневой системы, нежели на надземной части. Следует отметить, что при концентрациях свинца от 60 до 180 мг/л торможения роста органов проростков не наблюдалось. Напротив, длина корня в некоторых случаях, например, при дозе свинца 120 мг /л, была даже больше на 9,9 %, чем в контрольном варианте. Таким образом, свинец в данном случае оказывал небольшой стимулирующий эффект.

Увеличение концентрации свинца в среде выше 180 мг/л существенно тормозило ростовые процессы кress-салата. Так, при концентрации 240 мг/л Pb^{2+} длина корня в среднем была на 38% меньше, чем в контроле (7,1 и 4,4 см соответственно). При концентрации же 600 мг/л рост корней практически останавливался: длина корня уменьшалась в 10,9 раза по сравнению с контролем. Эту концентрацию свинца 600 мг/л можно считать летальной, так как более чем у 50% всех тестируемых растений наблюдалось полное угнетение развития корневой системы. Помимо угнетения роста корней воздействие свинца в высоких концентрациях вызвало многочисленные нарушения их морфологии: изменение окраски, нарушение геотропизма, вздутие кончиков, а также появление очагов некроза. Это можно объяснить барьерной функцией корневой системы, препятствующей поступлению ионов ТМ в растение, поэтому нарушения структуры и метаболизма корней будут наиболее выражеными [16-18]. Похожие результаты были получены Дикаревым А. В. и др. [19]: длина корней у проростков трёх исследуемых сортов ярового двурядного ячменя (*Hordeum vulgare L.*) резко уменьшалась при концентрации 1 мг Pb^{2+} /мл, т. е. 1000 мг Pb^{2+} /л.

Как показали наши исследования, рост побега был менее чувствителен к свинцу (Табл.1). На дозах свинца от 60 до 360 мг/л высота побегов была выше, чем в контроле. Наиболее выраженным стимулирующим эффект был отмечен при концентрации 240 мг Pb^{2+} /л, хотя рост корней на этой дозе уже тормозился. В данном варианте превышение показателя высоты надземной части составило 22% по отношению к контролю – 3,6 и 2,8 см соответственно. В то же время, накопление биомассы надземной частью замедлялось уже при 300 мг Pb^{2+} /л. Побеги становились длинными и тонкими. При самой высокой концентрации свинца 600 мг Pb^{2+} /л было зафиксировано отставание от контрольного варианта в 25% (2,1 и 2,8 см соответственно).

Анализ показателей сырой биомассы 5-тидневных растений кress-салата показал, что выраженное ингибирующее действие проявляется только при концентрациях равных 480 и 600 мг Pb^{2+} /л – 57 и 71,5% соответственно. Возможно, что на этих дозах концентрация соли ацетата свинца существенно повышает осмотическое давление раствора, превосходящее таковое в клеточном соке, что вызывает обезвоживание растений и играет роль дополнительного фактора, уменьшившего массу растений.

Литературные данные также свидетельствуют о том, что свинец оказывает более выраженное токсичное воздействие на корневую систему, нежели на надземную часть, причём патологические изменения фиксируются при дозах, значительно превышающих ПДК свинца как подвижного, так и общего [20–25]. Так, Батовой Ю.В. и др. [25] было изучено влияние высоких доз свинца – 400 мг/кг – на растения пырея ползучего (*Elytrigia repens (L.) Nevski*). Установлено, что в присутствии Pb^{2+} у растений ингибируется рост корневой системы, но при этом стимулируется рост побегов. Отмечается, что в корнях пырея значительно повышается активность ферментов каталазы, супероксиддисмутазы и гваяковой пероксидазы, предотвращающих развитие в клетках окислительного стресса из-за накопления большого количества ионов металла.

Заключение. Исходя из результатов проведённых экспериментов по изучению влияния различных доз свинца на посевные качества семян и ростовые показатели растений кress-салата (*Lepidium sativum L.*) сорта Весенний можно сделать следующие выводы:

1) дозы свинца в среде от 60 до 600 мг Pb^{2+} /л не оказывают существенного влияния на энергию прорастания и всхожесть семян кress-салата;

2) токсическое влияние свинца на рост корней проявляется при более низких концентрациях свинца (240 мг Pb²⁺/л), чем на рост надземной части, где существенное уменьшение высоты и массы побегов происходит при дозе 480 мг/л.

Таким образом, при проведении тестов по изучению эффективности фитоадаптагенов в условиях свинцового загрязнения среди целесообразно использовать высокие концентрации свинца. Суммируя степень выраженности влияния свинца на корневую систему и надземную часть, можно предположить, что ориентировочно она должна составлять 240–600 мг Pb²⁺/л, так как именно в таком диапазоне концентраций растения кress-салата проявляют чувствительность к данному фактору, а при концентрации 600 мг/л более 50% всех тест-растений гибнет вследствие полного ингибирования развития корневой системы, поэтому её можно считать условно летальной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Ю.В. Тяжёлые металлы в агроландшафте. СПб.: ПИЯФ РАН, 2008. 216 с.
2. СанПиН 2.1.7.1287-83. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. – М., 1983.
3. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Постановление от 23 января 2006 г. №1 «О введении в действие гигиенических нормативов ГН 2.1.7.2041-06 – Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. [Интернет ресурс] http://snipov.net/c_4655_snip_110042.html
4. Zwarich M.A., Mills J.G. Heavy metal accumulation by some vegetable crops grown on sewage-sludge-amended soils // Can. J. Soil Sci., 1982. P. 243-247 (doi: 10.4141/cjss82-028).
5. Ольшанская Л.Н., Халиева А.С., Титоренко О.В., Ефремова Н.А. Влияние меди и свинца на развитие высших растений и фиторемедиацию почвы //Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2013. №4. Т.56. С.127–130.
6. Shah K., Dubey R.S. Cadmium elevates level of protein, amino acid and alters activity of proteolytic enzymes in germinating rice seeds // Acta Physiol. Plant. 1998. Vol. 20, № 2. P. 189–196.
7. Лянгузова И.В. Влияние никеля и меди на прорастание семян и формирование проростков черники // Физиология растений. 1999. Т. 46, № 3. С. 500–502.
8. Холодова В.П., Волков К.С., Кузнецов Вл.В. Адаптация к высоким концентрациям солей меди и цинка растений хрустальной травки и возможность их использования в целях фиторемедиации // Физиология растений. 2005. Т. 52, № 6. С. 848–858.
9. Иванов Ю.В., Савочкин Ю.В., Кузнецов Вл.В., Марченко С.И. Влияние ионов свинца на посевные качества семян и развитие сеянцев сосны обыкновенной //Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2014. №1. Т.18.С.117–122.
10. Казнина Н.М. Влияние свинца и кадмия на рост, развитие и некоторые другие физиологические процессы однолетних злаков (ранние этапы онтогенеза): Автореферат диссертации кандидата биологических наук. Петрозаводск, 2003, 23 с.
11. Синдирева А.В., Седукова Н.В. Прогноз и оценка действия тяжёлых металлов (свинца, марганца, хрома) на показатели роста и развитие растений в условиях антропогенного загрязнения // Развитие дорожно-транспортного и строительного комплекса и освоение стратегически важных территорий Сибири и Арктики: вклад науки. Омск: Изд-во СиБАДИ, 2014. С. 359–362.
12. Ознобихина А.О. Границы всхожести семян фитомелирантов в присутствии токсичных концентраций тяжёлых металлов //Самарский научный вестник. 2019. №1(26). Т.8. С.82-86.
13. Филиппов Э.В., Шеин А.А., Прокопьев И.А., Филиппова Г.В. Влияние малых концентраций ионов свинца и кадмия на развитее проростки ромашки лекарственной (*Matricaria chamomilla L.*) // Наука и образование. 2014. №3(75). С.95–99.

14. Караваев Л.Л., Таляр А.С., Скугорева С.Г., Ашихмина Т.Я. Влияние алюминия и свинца (II) на прорастание семян и рост проростков ячменя сорта Новичок//Экология родного края: проблемы и пути их решения. Киров: Изд-во Вятский государственный университет, 2017. С. 158–160.
15. Коротина А.Л. Влияние ионов свинца на ранние этапы онтогенеза горчицы белой и овса посевного// Ртуть и другие тяжёлые металлы в экосистемах. Череповец: Изд-во Череповецкий гос. университет, 2018. С. 34–35.
16. Серегин И.В., Иванов В.Б. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения // Физиология растений. 2001. Т. 48. № 4. С. 606–630
17. Kabata-Pendias A., Mukherjee A.B. Trace Elements from Soil to Human. Berlin: Springer-Verlag, 2007. 550 p.
18. Ahmad M. S. A., Ashraf M., Tabassam Q., Hussain M., Firdous H. Lead (Pb)-Induced Regulation of Growth, Photosynthesis, and Mineral Nutrition in Maize (*Zea mays L.*) Plants at Early Growth Stages // Biological Trace Element Research. 2011. Vol. 144. P. 1229–1239. <https://doi.org/10.1007/s12011-011-9099-5>
19. Дикарев А.В, Дикарев В.Г., Дикарева Н.С. Влияние нитрата свинца на морфологические и цитогенетические показатели растений ярового двурядного ячменя (*Hordeum vulgare L.*) // Агрохимия. 2014. №7. С.45–52.
20. Vassilev A., Iordanov I., Chakakova E., Kerin V. Effect of cadmium stress on growth and photosynthesis of young barley (*H. vulgare L.*) plants. 2. Structural and functional changes in the photosynthetic apparatus // Bulg. J. Plant Physiol. 1995. Vol. 21. № 4. P. 12–21.
21. Titov A. F., Talanova V.V., Boeva N. P. Growth responses of barley and wheat seedlings to lead and cadmium // Biol. Plant. 1996. Vol. 38, № 3. P. 431–436.
22. Yang Y.Y., Jung J. Y., Song W.-Y., Suh H.-S., Lee Y. Identification of rice varieties with high tolerance or sensitivity to lead and characterization of the mechanism of tolerance // Plant Physiol. 2000. Vol. 124. P. 1019–1026.
23. Кравченко А.Л., Сотников Б.А., Чабан А.А. Стекольников Ю.А. Экологическая оценка влияния тяжёлых металлов на ростовые процессы и биомассу салата сорта «Лоло Бионда» // Вестник российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2016. №2. С. 20–27.
24. Коротченко И.С., Первушина Г.Г. Токсичное действие тяжёлых металлов на морковь (*Daucus carota L.*) сорта Марлинка // Вестник КрасГАУ. 2010. №3(42). С.135–138.
25. Батова Ю.В., Казнина Н.М., Лайдинен Г.Ф., Титов А.Ф. Влияние свинца на рост и некоторые физиолого-биохимические показатели растений пырея ползучего // Структурно-функциональная организация и динамика растительного покрова. Самара: Изд-во Самарского государственного социально-педагогического университета, 2015. С. 204–209.

**Тарасова С.С., аспирант, ассистент
Гаевая Е.В., кандидат биологических
наук, профессор
(Тюменский индустриальный университе-
тет)**

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ В БУРОВЫХ ШЛАМАХ НА СМЕРТНОСТЬ ГИДРОБИОНТОВ (DAPHNIA MAGNA STRAUS и CHLORELLA VULGARIS BEIJER)

*В статье представлены результаты определения содержания хлорид-ионов и сульфат-ионов в пробах бурового шлама и их влияние на токсическое воздействие на ветвистоусые ракообразные *Daphnia magna Straus* и одноклеточную зелёную водоросль *Chlorella vulgaris Beijer*. Выявлено, что при внесении в буровой шлам доломитовой муки и гипса происходило изменение числа выживших особей и относи-
тельной разницы средней величины оптической плотности для каждого гидробионта.*

Ключевые слова: буровые шламы, токсичность, гидробионты, хлориды, сульфаты.

**Tarasova S.S.
Gaevaya E.V.**

EFFECT OF WATER-SOLUBLE SALT CONTENT IN DRILLING MUD ON THE MORTALITY OF HYDROBIONTS (DAPHNIA MAGNA STRAUS and CHLORELLA VULGARIS BEIJER)

*The article presents the results of determining the content of chloride ions and sulfate ions in drilling mud samples and their effect on the toxic effects on the branchial crustaceans *Daphnia magna Straus* and the single-celled green alga *Chlorella vulgaris Beijer*. It was found that when dolomite flour and gypsum were added to the drilling mud, the number of surviving individuals and the relative difference in the average optical density for each hydrobiонт changed.*

Keywords: drilling mud, toxicity, hydrobionts, chlorides, sulfates.

Производственная деятельность нефтедобывающих предприятий оказывает техногенное воздействие на объекты природной среды. Только на территории Западной Сибири, где добывается более 50% нефти в России, ежегодно образуется более 100 тысяч тонн буровых отходов, представляющих серьезную экологическую опасность для окружающей природной среды [1].

Буровые отходы обладают отрицательными физико-химическими, физическими, химическими свойствами: высокое содержание солей, повышенная щелочность, набухаемость, слабая фильтрационная способность и др. [2].

Токсические свойства таких отходов формируются за счет минералогического состава выбуренной породы и используемого типа бурового раствора. Глинистые минералы выбуренной породы (каолинит, иллит и др.), в процессе прохождения по стволу скважины находясь в непрерывном потоке бурового раствора, адсорбируют на поверхности различные химические реагенты, используемые при приготовлении растворов способствующие созданию ряда необходимых свойств (реология, кольматация, гидратация, фильтрация, агрегация, утяжеление), оказывающие токсическое воздействие на компоненты окружающей природной среды [3].

Исследования проб отходов – бурового шлама, проводились в лабораториях кафедр «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО ТИУ. Проведение исследований на химические и токсикологические свойства, осуществлялось в соответствии с методиками (методами), внесенными в федеральный реестр аттестованных методик (методов) выполнения измерений [4,5,6,7].

Результаты определения содержания хлорид-ионов и сульфат-ионов в пробах бурового шлама представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Результаты определения содержания нефтепродуктов и солевого состава в пробах бурового шлама

По типу засоления буровые шламы относятся к хлоридному засолению. Содержание хлорид-ионов находилось на уровне 0,4 %, сульфат-ионов – 0,014 %.

По результатам определения острой токсичности с использованием тест-объектов *Daphnia magna Straus* и *Chlorella vulgaris Beijer* кратность разбавления которых составила 6,3 и 12,53 раза соответственно, что относит буровой шлам к IV классу опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду (таблица 1).

Таблица 1

Определение острой токсичности с использованием тест-объектов *Daphnia magna Straus* и *Chlorella vulgaris Beijer*

Наименование тест-объекта	Показатель токсичности	pH, ед. pH	Кратность разбавления, раз
<i>Daphnia magna Straus</i>	количество выживших дафний, шт. – 5	7,31±0,10	6,3
<i>Chlorella vulgaris Beijer</i>	относительная разница средней величины оптической плотности, % – 46,21		12,53

При определении влияния содержания водорастворимых солей на смертность гидробионтов была выявлена сильная прямая корреляционная зависимость равная единице.

Для снижения токсического воздействия водной вытяжки на гидробионты *Daphnia magna Straus* и *Chlorella vulgaris Beijer* в буровой шлам вносились мелиоранты – доломитовая мука и гипс.

При внесении гипса происходило замещение хлоридного типа засоления на хлоридно-сульфатное, за счет ионообменных процессов, при этом увеличивалось содержание сульфат-ионов до 0,32 % при внесении 20 % от объема бурового шлама. Использование доломитовой муки в качестве мелиорирующей добавки способствовало снижению концентрации водорастворимых солей с увеличением объемной доли внесения мелиоранта, при этом максимальный уровень водородного показателя достигал 8,72 ед. pH (слабощелочная реакция среды).

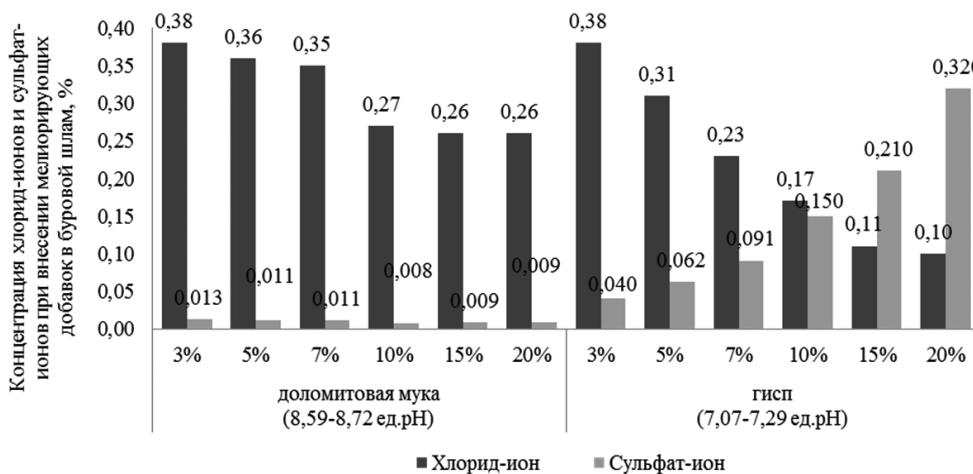


Рис. 2. Результаты определения содержания хлорид-ионов и сульфат-ионов в пробах бурового шлама с внесением доломитовой муки и гипса

При изучении токсикологических характеристик на водных гидробионтах *Daphnia magna* Straus число выживших особей составило 100 %, относительная разница средней величины оптической плотности *Chlorella vulgaris* Beijer составила 8,32 % в пробах без разбавления, что указывает на отсутствие острого токсического воздействия на компоненты окружающей природной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малышкин, М.М. Повышение экологической безопасности при разработке нефтегазовых месторождений / М.М. Малышкин, М.А. Пашкевич. – Текст : непосредственный // Начальный вестник московского государственного горного университета. – № 1. – 2010. – С. 57–62.
2. Возможности рекультивации буровых шламов и солонцов с использованием фосфогипса / Л.Н. Скипин, Н.В. Храмцов, С.А. Гузеева, В.С. Петухова. – Текст : непосредственный // Аграрный вестник Урала. – Екатеринбург, 2013. – № 6 (112). – С. 71–73.
3. Климова, А.А., язиков егор григорьевич, шайхиев ильдар рафаилович Минералого-геохимическая специфика буровых шламов нефтяных месторождений на примере объектов Томской области / А.А. Климова, Е.Г. Язиков. – Текст : непосредственный // Известия томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – Томск, 2020. – Т. 331, № 2. – С. 102–114.
4. ГОСТ 26426-85. Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке : утв. и введ. в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 8 февраля 1985 г. № 283 : введ. впервые : дата введ. 1986-01-01 / разработан Министерством сельского хозяйства СССР. – Текст : электронный // ТехЭксперт : справочно-правовая система : официальный сайт. – URL : <http://docs.cntd.ru/document/1200023487> (дата обращения : 12.16.2021).
5. ГОСТ 26425-85. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке : утв. и введ. в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 8 февраля 1985 г. № 283 : введ. впервые : дата введ. 1986-01-01 / разработан Министерством сельского хозяйства СССР. – Текст : электронный // ТехЭксперт : справочно-правовая система : официальный сайт. – URL : <http://docs.cntd.ru/document/1200023486> (дата обращения : 12.16.2021).

6. Методика измерений количества *Daphnia magna* Straus для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водяных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления методом прямого счета : ПНД Ф Т 16.1:2:2.3:3.9-06 : утв. ФБУ «ФЦАО». – Москва, 2014. – 45 с.
7. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления : ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 : утв. ФБУ «ФЦАО». – Москва, 2014. – 38 с.

Биологические ресурсы

Кауфова М.А., аспирант

**Дзюев Р.И., доктор биологических наук,
профессор**

**(Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х.М. Бербекова)**

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЧАСТОТОЙ 20000 ГЦ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАРТОФЕЛЯ (*SOLANUM TUBEROSUM* L.)

В статье рассмотрена возможность использования ПемП частотой 20000 Гц для предпосадочной обработки клубней картофеля с целью увеличения продуктивного потенциала картофеля. Показано, что воздействия ПемП частотой 20000 Гц на клубни перед посадкой увеличивает биометрические показатели картофеля, тем самым повышая его ресурсный потенциал.

Ключевые слова: переменное магнитное поле, биометрические показатели, предпосадочная обработка, продуктивность, ресурсный потенциал.

*Kaufova M.A.
Dzuev R.I.*

THE EFFECT OF AN ALTERNATING MAGNETIC FIELD AT 20000 Hz ON BIOMETRIC INDICATORS OF POTATOES (*SOLANUM TUBEROSUM* L.)

The article discusses the possibility of using a PEM with a frequency of 20,000 Hz for pre-dressing processing of potato tubers in order to increase the productive potential of potatoes. It has been shown that the impact of a 20000 Hz AMF on tubers before planting increases the biometric parameters of potatoes, thereby increasing its resource potential.

Keywords: variable magnetic field, biometric indicators, pre-planting processing, productivity, resource potential.

Продуктивный потенциал многих сортов картофеля находится на уровне 100-120 т/га. Однако, в нашей стране урожайность картофеля оказывается в 5-10 раз ниже [1]. Это может быть связано с адаптационным потенциалом выращивания картофеля, с природно-климатическими условиями, от выбранного сорта картофеля, с развивающимися на нем возбудителями многочисленных болезней и т.д. [2].

В научно-исследовательских институтах нашей страны проводятся многочисленные эксперименты по повышению продуктивного потенциала картофеля с применением различных технологий. Нам представляется интересным применение физических факторов для повышения ресурсного потенциала картофеля, а именно использование переменного магнитного поля частотой 20000 Гц.

Материалы и метод исследования. Исследования по влиянию ПемП частотой 20000 Гц на биометрические показатели картофеля проводили в Баксанском районе Кабардино-Балкарской Республики. Использовали раннеспелый сорт «Удача» и среднеспелый сорт «Нарт-1». Источником ПемП служила катушка индуктивности, представляющая собой полый цилиндр диаметром 250 мм и высотой 900 мм. Для генерации переменного поля и напряженностей использовался ЦАП (цифро-аналоговый преобразователь). Частоту и форму тока измеряли с помощью полупроводникового двухлучевого осциллографа С1-69. В опытных вариантах было использовано магнитное поле частотой 20000 Гц, напряженностью магнитного поля 12 мА/м

и временем облучения 24 ч. Предпосевное облучение клубней картофеля проводили за 3 дня до посадки в почву. Эксперименты проводили в 3-х кратной повторности. Выращивание картофеля осуществляли в соответствии с агротехническими требованиями. Пользовались методикой полевого опыта Б. А. Доспехова (1985) [4].

Результаты и их обсуждение. Целью данного исследования была оценка эффекта предпосадочной обработки клубней картофеля ПeМП частотой 20000Гц на такие биометрические показатели как высота растения, количество стеблей, количество клубней и их общий вес. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Биометрические показатели картофеля при предпосевной обработке клубней ПeМП частотой 20000 Гц

Вариант	Высота растений, см	Количество стеблей шт/куст	Количество клубней шт/куст	Общий вес клубней гр/куст
сорт «Удача»				
контроль	42,6±1,5	4,8±0,4	10,2±1,4	893±76,8
20000 Гц	43,7±1,9	7,6±0,6	18,4±1,4	1482±43,2
сорт «Нарт-1»				
контроль	57,8±1,2	4,3±0,6	7,1±1,2	608±21,1
20000 Гц	59,7±1,6	6,6±0,3	12,6±1,6	976±16,7

Из данных таблицы 1 видно, что влияние ПeМП частотой 20000 Гц на изменение высоты куста картофеля по сравнению с контрольным вариантом у используемых сортов оказалось минимальным.

Количество стеблей сорта «Удача» в среднем на один куст составил 4,8±0,4шт. в контроле. При применении ПeМП 20000Гц для предпосадочной обработки клубней, количества образованных стеблей раннеспелого сорта увеличилось до 7,6±0,6 шт., и до 6,6±0,3 шт. у среднеспелого сорта.

В проведенных нами опытах, наблюдалось также увеличение количества клубней с одного куста и их общий вес при применении ПeМП частотой 20000Гц. Количество образовавшихся клубней в контроле у раннеспелого сорта составил 10,2±1,4 шт, а среднеспелого сорта-7,1±1,2 шт. Максимальное количество клубней в кусте по сравнению с контролем имел сорт «Удача». Наблюдалось увеличение данного показателя на 80,3 % (18,4±1,4шт.) у этого сорта, и на 77,4 % (12,6±1,6 шт.) у сорта «Нарт-1». Масса клубней с куста увеличилась на 65,9 % (1482±43,2 гр.) при частоте ПeМП 20000 Гц по сравнению с контролем у раннеспелого сорта, и на 60,5 % (976±16,7 гр.) у среднеспелого сорта.

Таким образом, в результате исследования, можем сказать, что предпосадочная обработка клубней картофеля ПeМП частотой 20000Гц увеличивает биометрические показатели картофеля, тем самым повышая продуктивный потенциал картофеля.

Исходя из этого, можно заключить, что ПeМП можно использовать и порекомендовать как отдельный метод для улучшения биоресурсных потенциалов в сельскохозяйственном производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ториков В.Е. Адаптивный и продуктивный потенциал сортов картофеля нового поколения/ В. Е. Ториков, О. А. Богомаз//Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2008. – №4. – С. 53–59.
2. Гордеева, А.В. Влияние предпосадочной обработки клубней на распространение болезней, урожайность и фитосанитарное качество клубней /А.В. Гордеева, Ю.А. Лапшин // науки. – 2015. – С. 68–72.
3. Доспехов Б.А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1982. – 207 с.

Маннапов А.Г., доктор биологических наук, профессор
(Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)
Талыпов М.А., ассистент
Хисамов Р.Р., доктор биологических наук, профессор
(Башкирский государственный аграрный университет)
Фархутдинов Р.Г., доктор биологических наук, профессор
(Башкирский государственный университет)
Мустафин Р.Ф., доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Дихин Д.Р., соискатель
Султанов И.Ф., соискатель
(Башкирский государственный аграрный университет)

DOI: 10.25633/ETN.2021.07.12

ФОРМИРОВАНИЕ КАДАСТРА МЕДОНОСНЫХ РЕСУРСОВ КАРАИДЕЛЬСКОГО РАЙОНА ТЕМНОХВОЙНО-ЛИПОВЫХ ЛЕСОВ УФИМСКОГО ПЛАТО

*В работе изложены результаты исследований медоносных ресурсов темнохвойно-липовых лесов Уфимского плато на территории Караидельского района Республики Башкортостан. Показано, что доминирующим медоносным растением на большей части лесопокрытой площади на изучаемой территории произрастают древесные насаждения с примесью липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.). Результаты исследований свидетельствуют, что насаждения липы формируют более 90 % медоносного запаса. Проведен расчет потенциально возможного объема производства и стоимости продукции пчеловодства на изучаемой территории.*

Ключевые слова: ресурсы медоносных растений, липа мелколистная, медопродуктивность, пчелиная семья.

*Mannapov A.G.
Talyrov M.A.
Khisamov R.R.
Farkhutdinov R.G.
Mustafin R.F.
Dikhin D.R.
Sultanov I.F.*

FORMATION OF THE INVENTORY OF HONEY-BEARING RESOURCES OF THE KARAIDELSKY DISTRICT OF THE DARK CONIFEROUS-LIME FORESTS OF THE UFA PLATEAU

*The paper presents the results of research on the territories with honey-bearing resources of the Karaidel'sky district of the dark coniferous-lime forests of the Ufa plateau. It is shown that the dominant honey plant in most of the forested area in the study area is planted with an admixture of small-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.). Research results indicate that linden stands form more than 90 % of the honey supply. The calculation of the potential volume of production and the cost of beekeeping products in the study area is carried out.*

Keywords: honey plant resources, small-leaved linden, honey productivity, bee family.

Введение

Рациональное использование территорий с медоносными ресурсами для производства продуктов пчеловодства подразумевает наличие информации о продуктивном его потенциале. Такие данные очень важны при проведении экономических расчетов кадастровой стоимости лесных участков с медоносными ресурсами и определении ставки налогообложения при их использовании. На современном этапе в состав природно-ресурсных кадастров входят земельный, лесной, водный, объектов животного мира, и другие. К сожалению, кадастра медоносных ресурсов нет. На наш взгляд, формирование кадастра медоносных ресурсов, это объективно назревшая реальность. Эти положения и определяют актуальность данного исследования [1, 2, 3].

Материал и методы

В задачу исследования входило изучение флористического состава лесных медоносов. Для этого на лесопокрытой площади Нуримановского лесничества по лесохозяйственным кварталам натурно был исследован ботанический состав медоносных растений. Были выделены площади произрастания нектароносных растений наиболее продуктивных биоценозов. Изучение травянистых медоносных растений, проводили по методике, описанной в работе [4]. Изучение древесных медоносов проводили по общепринятым в ресурсоведении методикам. [4, 5]. Учет нектаропродуктивности таких нектароносных деревьев как ива и клен проводили аналогичным образом. Помимо этого, также подсчитывали массивы деревьев, являющихся источником получения прополиса. Это тополь, береза, осина.

Для оценки количественных показателей медопродуктивности липы мелколистной использовали формулу:

$$M = N \times 0.1K \times C \times S,$$

где:

M – медопродуктивность липы мелколистной на лесном участке;

N – медопродуктивность на 1 га (справочные данные);

K – показатель участия липы мелколистной в составе насаждения;

C – количество дней цветения липы мелколистной, (в условиях Нуримановского лесничества 14 дней);

S – площадь лесного участка [6].

Пчелы со цветков медоносов собирают не больше 30% нектара при облете территории 2-3 километров вокруг пасеки [4, 7].

При изучении травянистых нектароносов показатели нектаропродуктивности рассчитывались подсчетом стеблей нектароносных растений на площадке размером 1 м². В последующем, определялось процентное участие каждого вида медоноса [8].

Общий запас нектара, выделяемый каждым нектароносным растением в каждом изучаемом угодье, определялся используя справочные данные. Количественные результаты получались как сумма полученных показателей. [3, 7].

Результаты исследований

На лесопокрытой площади Нуримановского лесничества насаждения с примесью липы мелколистной (*Tilia cordata Mill.*) занимают 40981 га, что составляет 56,2 %. Кроме древостоеев липы, здесь произрастают и других медоносные растения. Прекрасный ранневесенний медонос клен остролистный занимает площадь более 5000 га, а заросли ивовых всего лишь 29 га. (табл. 1).

Таблица 1

Распределение площади древесных медоносов по группам возраста в Нуримановском лесничестве,

Медоносное растение	Занимаемая площадь, га	Группа возраста			
		молодняки	средневозрастные	приспевающие	спелые и перестойные
Липа	40981	7613	28898	4040	430
Клен	5043	82	211	-	4750
Ивовые	29	20	7	-	2
Всего	72874	13341	36494	7059	15980

По опыту пчеловодов известно, что наибольшие медосборы наблюдаются в спелых и перестойных липовых насаждениях [3,8]. Данные, представленные в таблице 1 свидетельствуют, что древостои липы выше названных групп возраста в Нуримановском лесничестве составляет 1 % от площади липняков и занимают всего лишь 430 га. Молодняки составляют 18,6 % и занимают 7613 га соответственно. Наибольшая площадь приходится на средневозрастные липовые насаждений 70,5% – 28898 га. Доля приспевающих липняков составляет 9,9 % от площади липы и произрастают на 4040 га (табл. 2).

Таблица 2

Распределение площади липняков по группам возраста в Нуримановского лесничества, га

Лесничество	Группа возраста				Всего	% от общей площади
	Молодняки	Средневозрастные	Приспевающие	Спелые и перестойные		
				Всего		
Нуримановское	7613	28898	4040	430	88,8	40981
%	18,6	70,5	9,9	1	0,2	100

Анализируя табл. 2 можно отметить, что низкая доля спелых насаждений, вероятнее всего связана с проведением в спелых липняках рубок главного пользования (80–90 лет).

Преобладание в лесах Нуримановского лесничества средневозрастных липовых насаждений дает предположить, что в перспективе ближайших лет такое распределение липняков будет благоприятно сказываться на развитие пчеловодства на данной территории.

На лесных землях Нуримановского лесничества лесоустройством выделены такие типа леса, как снытьевый, крапиво-таволговый и злаковый. Как показывают данные таблицы 3 наибольшую площадь занимают липняки снытьевые (табл. 3).

Таблица 3

Группы типов леса в Нуримановском лесничестве, га

Древесная порода	Группа типов леса			Итого
	Снытьевый	Крапиво-таволговый	Злаковый	
Липа	40363	149	490	40981
Клен	3762	-	1281	5043
Ивовые	-	29	-	29

Липняки снытьевых типов леса обладают хорошими таксационными показателями по причине того, что произрастают на серых лесных и дерново-подзолистых почвах [4]. Подлесок таких насаждений характеризуется средней густотой иногда как густой и представлен преимущественно черемухой, рябиной, лещиной, жимолостью. Подрост состоит из липы, клена, осины, ильмовых и других лесообразующих пород.

Данные представленные в таблице 4 показывают, что на долю высокополнотных насаждений (0,8 и выше) приходится 7738 га (18,8%) площади всех липняков. Насаждения с полнотой 0,5 – 0,7 составляют 29746 га (72,7%) и 3497 га (8,5%), что также благоприятствует успешному развитию пчеловодства [8,9] (табл. 4).

Таблица 4

Распределение площади липняков по полнотам в Нуримановском лесничестве, га

Древесная порода	Полнота								Итого	Средняя полнота
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0		
Липа	917	2580	5233	10330	14183	6207	1067	464	40981	0,65
%	2,2	6,3	12,8	25,2	34,7	15,1	2,6	1,1	100	

Установлено, что нектаропродуктивность липовых насаждений в среднем составляет 600 кг/га. Если данный показатель пересчитать на 30 % доступность, то получим значение нектаропродуктивности в 190 кг/га [1,2]. Следовательно, нектаропродуктивность насаждений с примесью липы, произрастающих на лесной площади Нуримановского лесничества, достигает 7786390 кг нектара или в пересчете 4866494 кг мёда. Показатели общей медопродуктивности угодий изучаемого лесохозяйственного предприятия составляют 5321,7 т (табл. 5).

Таблица 5

Показатели медопродуктивности угодий лесной площади Нуримановского лесничества

Медоносные угодия	Доступные запасы нектаропродуктивности кг/га*	Общая площадь, га	Медопродуктивность, т	Доля медоносного ресурса в медовом запасе (МЗ), %
Липа	190	40981	4866,5	91,5
Клен	50	5043	157,6	2,9
Ива	50	29	1,0	0,02

Сенокосы	30	1317	24,7	0,5
Вырубки	60	1133	42,5	0,7
Прогалины	10	312	1,9	0,01
Выгоны	10	128	0,8	0,02
Лесное разнотравье	20	18136	226,7	4,3
Итого		67079	5321,7	100

* справочные данные по доступным нектарным запасам (30 % от потенциальной) [4]

В задачу исследования входило определение количественных показателей площадей липняков, произрастающих на припасечных участках, где также учитывался их возраст. Производилось деление площадей липы на группы возраста (молодняки, средневозрастные, приспевающие, спелые и перестойные). Исследованию подвергались лесных участки, которые оказывались в зоне доступного для лета пчел, в частности сенокосные угодья, вырубки, прогалины, выгоны, где также произрастает большое разнообразие травянистых медоносов. Необходимо отметить, что присутствие таких источников нектара, как клен, заросли ивовых и разнообразие травянистых медоносов позволит пчеловодам в годы слабого и нестабильного периода нектаровыделения липы получить мед и сохранить поголовье пчелиных семей в «не урожайные годы».

В научной литературе много информации о том, что при определении количественных показателей медопродуктивности лесной зоны, многие авторы оценивают только площади произрастания липы мелколистной. Однако, опыт, полученный по медосборам ряда лет, дает повод усомниться этим положениям. Так, например, в 2019 г., насаждения с примесью липы очень мало выделяли нектар, следовательно кормовые запасы и товарный мёд был получен за счет нектара травянистых медоносных растений не покрытых лесом площадей.

Учитывая, что в период медосбора пчелы используют от 30 до 50 % выделяемого медоносными растениями нектара [1, 2, 4, 10, 11]. При расчетах общий запас нектара уменьшают на 70 – 50% и полученный результат делят на 120 кг (25 кг товарный мед и 95 кг расход на жизнедеятельность самой семьи). Так производят расчет количества семей пчел, которое можно разместить на данной местности.

Проведя расчеты по определению количества пчелиных семей, которые можно содержать на лесных площадях Нуримановского лесничества мы пришли к показателю 44348 пчелиных семей. Необходимо отметить, что кроме сбора меда, отрасль пчеловодства позволяет получить воск, прополис, пчелиную обножку и пергу. Комплексная оценка потенциально возможного производства продуктов пчеловодства включает эти показатели. Даже если получать от одной семьи по 2 кг пыльцевой обножки, 1 кг перги, 100 г прополиса и 1 кг воска [4], то потенциальное производство данной биологически активной продукции пчеловодства (БАПП) принесет ощутимую прибыль (табл. 6).

Таблица 6

Стоймостные показатели производства продукции пчеловодства в Нуримановском лесничестве (в ценах 2019–2020 гг.)

Продукты пчеловодства	Объем продукции, кг	Цена 1 кг, руб	Стоимость, тыс. руб.
Мед товарный	5321700	200	1064340

Пыльцевая обножка	88696	600	53217,6
Перга	44348	1200	53217,6
Прополис	4434,8	2000	8869,6
Воск	44348	290	12860,9
Итого			1192505,7

Выводы

Лесная площадь Нуримановского лесничества обладает хорошей кормовой базой для развития отрасли пчеловодства на основе древесного медоносного растения – липа мелколистная – *Tilia cordata Mill.*

В лесах Нуримановского лесничества преобладают насаждения липы средневозрастных групп возраста, и они занимают более 50 %, лесопокрытой площади, что, несомненно, является благоприятным фактором для развития отрасли пчеловодства в данной местности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Khisamov R.R., Farkhutdinov R.G., Yumaguzhin F.G., Ishbulatov M.G., Mustafin R.F., Galeev E.I., Kutliyarov A.N., Rakhmatullin Z.Z.* Honey production potential and cadastral valuation of melliferous resources for the Southern Ural. Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Т. 13. № S5. С. 4622–4629.
2. Nectariferous potential and cadastral evaluation of honey resources of the wildlife Altyin Solok Reserve created for the conservation and reproduction of the Burzian population of the *Apis Mellifera Mellifera L.* / Rail Khisamov, Yulai Yanbaev, Fitrat Yumaguzhin, Mikhail Onuchin [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science, 25 (Suppl. 2) 2019. Agricultural Academy, Pp. 1–10
3. Маннапов А.Г., Фархутдинов Р.Г., Хисамов Р.Р., Онучин М.С. Оценка медоносных ресурсов широколиственных лесов Уфимского плато Республики Башкортостан. Пчеловодство. 2020. № 2. С. 28–30.
4. Фархутдинов Р.Г., Туктаров В.Р., Ишемгулов А.М. Медоносные ресурсы: практикум. Уфа, БГАУ, 2010, – 100 с. 19. Р.Р.
5. Хисамов, Р.Г. Фархутдинов, М.С. Онучин Оценка состава нектароносных растений в зоне широколиственных лесов Уфимского плато и перспективы их рационального использования в пчеловодстве. Вестник БГАУ 2015, № 3, С 106–112.
6. Мурахтанов Е.С. Пчеловодство в липниках. М., Лесная промышленность. 1977. 104 с.
7. Глухов М. М. Медоносные растения. М. Колос 1974 г. 304 с.
8. Туктаров В.Р., Фархутдинов Р.Г., Саттаров В. Н., Юмагужин Ф.Г., Шелехов Д.В. Туктарова Ю.В. Оценка породной принадлежности медоносных пчел *Apis mellifera mellifera L.* 1758. Уфа, Башкирский ГАУ, 2014. – 104 с.
9. Аскаров Д.Г., Хисамов Р.Р. Ресурсы побочной продукции в лесах Северо-восточной лесостепи Башкортостана. В сб.: Принципы формирования высокопродуктивных лесов. Уфа, Башкирский ГАУ, 2000. С. 57–58.
10. Ишибирдина Л.М., Фархутдинов Р.Г., Хисамов Р.Р., Фазлутдинов Э.А. Анализ медопродуктивного потенциала некоторых растительных сообществ хребтов Уралтау, Ирендык, Крыктытау на территории Абзелиловского района Республики Башкортостан. Известия Уфимского научного центра РАН. 2017. № 3. С. 31–41.
11. Хисамов Р.Р., Фархутдинов Р.Г., Ишибирдина Л.М., и др. Определение видового состава нектароносных фитоценозов Северо-востока Башкортостана для развития лесного пчеловодства. Естественные и технические науки. 2020. № 11 (149). С. 98–107.

Физиология

Физиология

Ананьев В.Н., доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник (Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем Российской академии наук)

Прокопьев Н.Я., доктор медицинских наук, профессор (Тюменский государственный университет)

Ананьев Г.В., аспирант (Московский педагогический государственный университет)

Семизоров Е.А., кандидат педагогических наук, доцент, зав. кафедрой (Государственный аграрный университет Северного Зауралья)

Ананьева О.В., доктор медицинских наук, профессор

Гуртовой Е.С. (Тюменский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации)

DOI: 10.25633/ETN.2021.07.05

РЕГУЛЯЦИЯ КОЛИЧЕСТВА И ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ АДРЕНОРЕЦЕПТОРОВ АРТЕРИЙ КИШЕЧНИКА ТАКИМ ПРИРОДНЫМ ФАКТОРОМ КАК ХОЛОД

Наши исследования доказали, что природный естественный фактор как холод при различном времени воздействия изменяет как количество активных альфа-1-адренорецепторов артерий тонкого кишечника, так и изменяет чувствительность этих рецепторов. После 5-дневной холодовой адаптации количество активных $\alpha 1$ -адренорецепторов в кишечнике было больше контроля на 46%, а чувствительность $\alpha 1$ -адренорецепторов меньше контроля на 21%. После 30-и дней адаптации к холоду чувствительность $\alpha 1$ -адренорецепторов артерий кишечника стала меньше контроля на 21%, а количество $\alpha 1$ -адренорецепторов нормализовалось.

Ключевые слова: кролики, адаптация к холоду, альфа-1-адренорецепторы, артерии тонкого кишечника, мезатон.

Ananев V.N.

Prokopyev N.Ya.

Ananev G.V.

Semizorov E.A.

Ananueva O.V.

Gurtovoy E.S.

REGULATION OF THE NUMBER AND SENSITIVITY OF ADRENORECEPTORS OF THE INTESTINAL ARTERIES BY A NATURAL FACTOR SUCH AS COLD

Our studies have shown that a natural natural factor such as cold at different exposure times changes both the number of active alpha-1-adrenergic receptors in the arteries of the small intestine and changes the sensitivity of these receptors. After a 5-day cold adaptation, the number of active a1-adrenoreceptors in the intestine was greater than the control by 46%, and the sensitivity of a1-adrenoreceptors was less than the control by 21%. After 30 days of adaptation to the cold, the sensitivity of a1-adrenoreceptors of the intestinal arteries became 21% less than the control, and the number of a1-adrenoreceptors returned to normal.

Keywords: rabbits, adaptation to cold, alpha-1-adrenergic receptors, small intestine arteries, mesaton.

Актуальность исследования. Воздействие на альфа-адренорецепторы артерий происходит при врачебном назначении различных лекарств, например, при гипертонической болезни [1, 3]. Но в последнее время стало ясно, что многие лекарства обладают различными побочными эффектами [3]. Возникает вопрос, а можно ли без лекарств изменять реактивность адренорецепторов артерий, ведь миллионами лет физиологическая регуляция работы организма обеспечивала выживание в довольно агрессивной внешней среде. Значит, внешняя среда могла настраивать ответные адренорецепторные изменения для выживания при изменение внешних условий. Но в настоящее время еще мало научных исследований для эффективного воздействия на адренорецепторы артерий природными факторами внешней среды [9, 11], при использовании фундаментальных физиологических исследований. Так же актуален вопрос адаптации человека при освоение человеком Сибири, северных территорий и Приполярья [1, 5, 6]. Климатической особенностью, которых являются низкие температуры, поэтому важно изучение механизмов приспособления человека и животных к холodu [6]. Особенно актуально это для России, как страны с самым холодным климатом [5]. А роль альфа-1-адренорецепторов артериального русла тонкого кишечника при адаптации к холodu мало изучена [2, 8]. Поэтому наша работа и посвящена исследованию альфа-адренореактивности артерий ядра тела, как артерий тонкого кишечника на пятый и тридцатый день холодовой адаптации.

Материал и методы исследования. Проведены исследования на 85 кроликах самцах. Контрольную группу составили 0 кроликов, содержавшихся при температуре окружающей среды (+)18-22°C в течение 30-и дней. Холодовое воздействие [1, 10] проводилось ежедневно по 6 часов (в течение 5 дней у 25 кроликов и 30 дней холода у 30 кроликов) в охлаждающей камере при температуре (-)10°C, в остальное время кролики находились при температуре (+)18-22°C. Исследовали сосудистую ответную реакцию препарата тонкого кишечника при перфузии кровью этого же животного с помощью насоса постоянной производительности [7]. Мезатон (селективный альфа-1-адrenomиметик) в восьми дозах (дозы обеспечивали от 10% до 90% повышения перфузионного давления от исходного давления) вводили внутриартериально перед входом насоса, изменения перфузионного давления регистрировали электроманометрами и записывали через АЦП в компьютер.

Для описания взаимодействия медиатора [1, 7] со специфическим рецептором использовалась теория Кларка и Ариенса, которая основывается на том, что величина эффекта пропорциональна количеству комплексов рецептор-медиатор. Максимальный эффект имеет место при оккупации всех рецепторов. Для анализа ответной реакции сосудистых регионов нами использован графический способ определения параметров взаимодействия медиатор рецептор в двойных обратных координатах Лайниувера-Берка [7, 10].

Результаты исследования. В качестве модели артериального русла “ядра” тела представлены величины повышения перфузионного давления артерий (рис.1) тонкого кишечника (Рм мм.рт.ст.) контрольной группы (N) животных и кроликов после 5-дневного охлаждения.

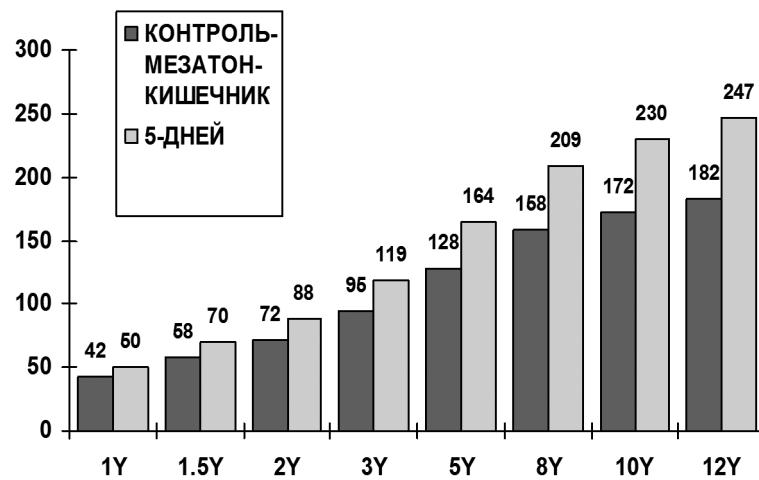


Рис.1. Средние величины повышения перфузионного давления артериального русла кишечника на мезатон в контрольной группе (первые-темные столбики) и после 5-и дней холодовой адаптации

После введения восьми доз мезатона в контроле и после холода увеличение дозы мезатона ведет к увеличению прессорной реакции (рис.1) перфузионного давления (P_m). Анализ в двойных координатах Лайнгувера-Берка показал, что прямая, отражающая животных после 5-дневного охлаждения, пересекает ось ординат при $1/P_m=0.0026$, что соответствует $P_m=384,6$ мм.рт.ст. Контрольная группа животных представлена прямой (N), которая пересекает ось ординат при $1/P_m=0.0038$, что соответствует $P_m=263$ мм. рт.ст.

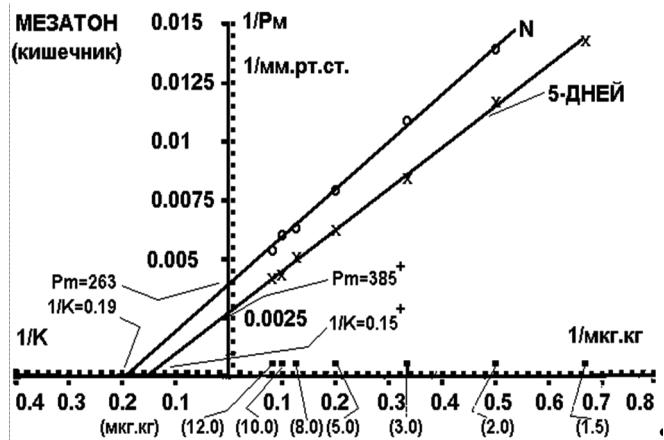


Рис. 2. Повышение перфузионного давления артериального русла кишечника кролика на мезатон в двойных обратных координатах в контрольной группе (N) и после 5-и дней холодовой адаптации (5-ДНЕЙ).

После 5-дневной холодовой адаптации в кишечнике количество активных α_1 -адренорецепторов увеличилось с $P_m=263$ мм.рт.ст. в контроле до $P_m=384,6$ мм.рт.ст., то есть количество активных рецепторов увеличилось в 1.69 раза или возросло на 46% по сравнению с контрольной группой. Для характеристики чувствительности взаимодействия мезатона с α_1 -адренорецепторами прямая, характеризующая группу животных после 5-дневного охлаждения, была (рис.2) экстраполирована до пересечения с осью абсцисс, что позволило получить параметр $1/K=0.15$. В контрольной группе (N) этот показатель был равен $1/K=0.19$. Таким образом, после 5-дневного охлаждения чувствительность α_1 -адренорецепторов к мезатону уменьшилась с $1/K=0.19$ в контроле до $1/K=0.15$.

$K=0.15$ ($P<0.05$) в 1.26 раза или снизилась на 21%. В итоге, после 5 дней холода, на все дозы мезатона была больше прессорная реакция артерий кишечника, чем в контроле, за счет значительного увеличения количества активных альфа-1-адренорецепторов артерий.

У животных (рис.3) после 30-дневной холодовой адаптации была меньше прессорная реакция артерий кишечника на введение восьми возрастающих доз мезатона чем в контрольной группе.

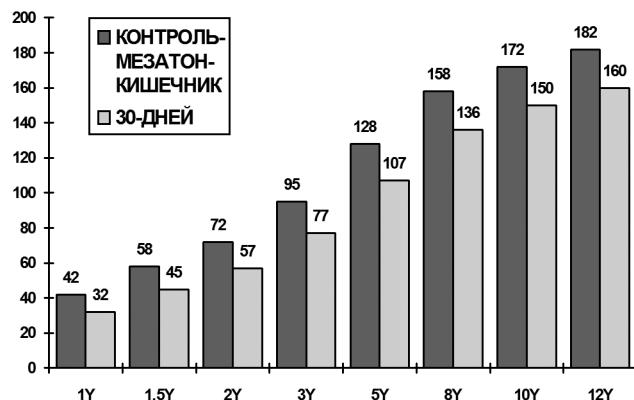


Рис. 3. Средние величины повышения перфузионного давления артериального русла кишечника на мезатон в контрольной группе (первые столбки) и после 30-и дней холодовой адаптации

Для выяснения механизмов (рис.4) изменения а1-адренореактивности артериальных сосудов тонкого кишечника кролика на мезатону после 30 дней холода и количественной оценки взаимодействия медиатор-рецептор представлен график изменения перфузионного давления на различные дозы в двойных обратных координатах. Как видно прямая (рис.4), отражающая животных после 30-и дней адаптации к холоду, пересекает ось ординат при $1/P_m=0.004$, что соответствует $P_m=250+9$ мм.рт.ст. и характеризовало количество активных а1-адренорецепторов, что достоверно не отличалось от $P_m=263$ контрольной группы ($P>0.05$). После 30-и дней адаптации к холоду чувствительность а1-адренорецепторов к мезатону уменьшилась с $1/K=0.19$ в контроле до $1/K=0.15$ после адаптации и составила 79% от контроля ($P<0.05$), то есть, после однократного охлаждения чувствительность рецепторов снизилась в 1.26 раза. Таким образом, после 30-и дней адаптации к холоду прессорное действие мезатона на артериальное русло тонкого кишечника уменьшается исключительно за счет снижения чувствительности а1-адренорецепторов на 21%, при нормализации количества активных а1-адренорецепторов.

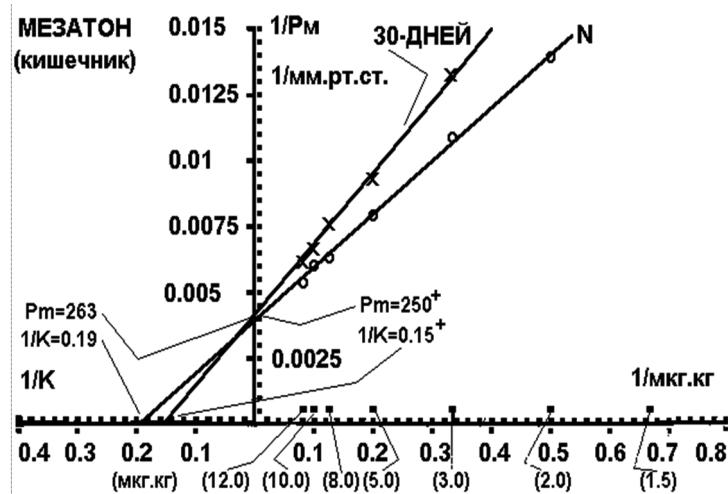


Рис. 4. Повышение перфузионного давления артериального русла кишечника кролика на мезатон в двойных обратных координатах в контрольной группе (N) и после 30-и дней холодовой адаптации.

Обсуждение результатов и выводы. После 5-дневного воздействия холода прессорное действие мезатона на артериальное русло тонкого кишечника было больше контрольной группы на все дозы исключительно за счет увеличения количества активных α_1 -адренорецепторов (P_m) в 1.46 раза, хотя и снизилась чувствительность α_1 -адренорецепторов ($1/K$) в 1.26 раза. По нашему мнению, это связано с тем, что на 5 день холода еще термогенез очень мало увеличен и нужно сохранить тепло в ядре тела за счет увеличения сокращения артерий кишечника на норадреналин, концентрация которого увеличивается в крови при холодовом стрессе. Значит, при 5 дневной холодовой адаптации в кишечнике хуже кровоток, нужно питаться более легко усвояемыми продуктами. При выходе на холод не переедать, иначе может быть расстройство кишечника.

В наших опытах показано, что после 30-и дней холодовой адаптации кровоток усиливается в кишечнике на холода (по сравнению с контролем) за счет нормализации количества прессорных α_1 -адренорецепторов. Это обеспечивает поступление большего количества холодной крови от кожи в кишечник (при сильном охлаждении кожи) в результате уменьшается вероятность отморожений кожи и конечностей, так как возраст термогенез на 30 день адаптации к холodu[2, 3]. Наши исследования доказали, что природный естественный фактор как холод при различном времени воздействия изменяет как количество активных альфа-1-адренорецепторов артерий тонкого кишечника, так и изменяет чувствительность этих рецепторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян Н.А., Жвавый Н.Ф., Ананьев В.Н. Адаптация человека к условиям Крайнего Севера. – М.: Крук, 1998. – 240 с.
2. Галенко-Ярошиевский П.А. Фармакологическая регуляция тонуса сосудов. – М.: Из-во РАМН, 1999. – 608 с.
3. Глезер, Г. А. Артериальная гипертония / Г.А. Глезер, М.Г. Глезер. – М.: Медицина, 2019. – 661 с.
4. Иванов К.П., Лучаков Ю.И. Эффективность теплообмена между тканями и кровью в кривеносных сосудах различного диаметра // Физиол. журн. им. И.М.Сеченова. 1994. Т.80. N 3. С.100–104.
5. Кривощеков С.Г., Охотников С.В. Производственные миграции и здоровье человека на Севере. Новосибирск, 2000.118с.
6. Казначеев В.П. Современные аспекты адаптации. Новосибирск: Наука, 1980. – 192 с.
7. Anan'ev VN, Kichikulova TP, Manukhin BN. Alpha- and beta-adrenergic blood pressure response of the rabbit hind limb vessels during cold adaptation.//Dokl Biol Sci. 2000 Sep-Oct;374:448-51. PMID: 11103311.
8. Gibson OR, Taylor L, Watt PW, Maxwell NS. Cross-Adaptation: Heat and Cold Adaptation to Improve Physiological and Cellular Responses to Hypoxia.//Sports Med. 2017 Sep;47(9):1751-1768. doi: 10.1007/s40279-017-0717-z. PMID: 28389828.
9. Krueger M, Costello JT, Stenzel M, Mester J, Wahl P. The physiological effects of daily cold-water immersion on 5-day tournament performance in international standard youth field-hockey players.//2020 Jan;120(1):295-305. doi: 10.1007/s00421-019-04274-8. Epub 2019 Dec 3. PMID: 31797035. Clinical Trial.
10. Manukhin BN, Ananiev VN, Ananieva OV, Kichikulova TP. Effect of cold adaptation of rabbits on the alpha 1- and beta-adrenergic blood pressure responses of intestinal blood vessels.//Dokl Biol Sci. 2002 Nov-Dec;387:501-4. doi: 10.1023/a:1021716903050. PMID: 12577623
11. Sánchez-Ureña B, Rojas-Valverde D, Gutiérrez-Vargas R. Effectiveness of Two Cold Water Immersion Protocols on Neuromuscular Function Recovery: A Tensiomyography Study.//Front Physiol. 2018 Jun 26;9:766. doi: 10.3389/fphys.2018.00766. 00eCollection 2018. PMID: 29997522.

Сельскохозяйственные науки

Ветеринария и Зоотехния

Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов

Проскурина Л.И., доктор ветеринарных наук, профессор

Берсенева С.А., кандидат биологических наук, проректор по учебной работе
(Приморская государственная сельскохозяйственная академия)

Эннс Е.М., старший преподаватель
(Инновационный Евразийский университет, Казахстан)

Репш Н.В., кандидат биологических наук, доцент
(Дальневосточный федеральный университет)

Коляда А.С., кандидат биологических наук, доцент
(Приморская государственная сельскохозяйственная академия)

ВЛИЯНИЕ ПРОБИОТИКА КЛОСТАТ НА ПЕРЕВАРИВАЕМОСТЬ КОРМА, РОСТ И РАЗВИТИЕ ПОРОСЯТ-ОТЪЁМШЕЙ

В данной статье рассматриваются вопросы приготовления и применения кормовой смеси для поросят-отъёмшей с добавлением пробиотика КлоSTAT и изучение ее влияния на перевариваемость корма и динамику прироста живой массы. Пробиотик КлоSTAT влияет на перевариваемость корма в разные сроки исследования. Через 15 дней после начала эксперимента наблюдается видимое его воздействие на переваримость корма, которое существенным образом усиливается к 30 дням. Поросята опытной группы имели высокую энергию роста, что отразилось на абсолютных показателях их живых привесов и среднесуточного прироста.

Ключевые слова: пробиотик, поросята-отъёмыши, перевариваемость, питательные вещества, среднесуточный привес, прирост живой массы.

Proskurina L.I.

Berseneva S.A.

Enns E.M.

Repsh N.V.

Kolyada A.S.

INFLUENCE OF PROBIOTIC KOLOSTAT ON FOOD DIGESTIBILITY, GROWTH AND DEVELOPMENT OF WEANING PIGS

This article discusses the preparation and use of a feed mixture for weaned pigs with the addition of the probiotic CloSTAT and the study of its effect on the digestibility of feed and the dynamics of live weight gain.

The probiotic KloSTAT affects the digestibility of feed at different times of the study. 15 days after the start of the experiment, its visible effect on the digestibility of the feed is observed, which significantly increases by 30 days. The piglets of the experimental group had high growth energy, which was reflected in the absolute indicators of their live weight gain and average daily gain.

Keywords: probiotic, weaning pigs, digestibility, nutrients, average daily weight gain, live weight gain.

В настоящее время перед животноводами остро стал вопрос о сохранении здоровья животных и получении высоких привесов молодняка без больших экономических затрат. Поэтому изыскание препаратов, которые не вызывают накопления их в организме животного, как антибиотики, и обладают выраженным антимикробным действием является актуальной задачей. Решение данной проблемы можно найти в применении пробиотиков в кормлении животных и правильном подборе стартерного комбинированного корма [1, 2, 3].

Пробиотик КлоСТАТ (*Clostat*) содержит споры запатентованного штамма бактерий *Bacillus subtilis* PB6. Они обеспечивают баланс микрофлоры кишечника и формируют естественные защитные механизмы против патогенной и условно-патогенной микрофлоры. КлоСТАТ улучшает процесс пищеварения, что положительно влияет на переход поросят – отъемышей на самостоятельное питание [4].

Целью исследований являлось приготовление сухой кормовой смеси для поросят – отъемышей с добавлением пробиотика КлоСТАТ и изучение ее влияния на перевариваемость корма и динамику прироста живой массы.

Исследования проводились в лаборатории химического анализа ТОО «Рубиком» «Комбикормовый завод – элеватор» и животноводческом комплексе (ЖК) ТОО «Рубиком» с. Павлодарское Павлодарской области Республики Казахстан.

Для приготовления сухой кормовой смеси для поросят – отъемышей использовали престартерный корм ViaPig – 30124 (собственного изготовления) и «КлоСТАТ НС SP сухой», производства Кемин: в 1 грамме которого содержится 2x10⁹ КОЕ спорообразующих бактерий *Bacillus subtilis* PB6; гидрокарбонат натрия (81,0 – 99,0 %); мальтодекстрин (8,1 – 9,9%) из расчета 500г пробиотика на тонну корма. Смешивание компонентов производили по технологии принятой на производстве.

Экспериментальные исследования на животных проводились в ЖК ТОО «Рубиком», где согласно поставленной цели было отобрано 40 голов поросят крупной белой породы в возрасте от 25 до 28 дней, из них были сформированы 2 группы (контрольная и опытная) по 20 голов в каждой. Условия кормления и рационы поросят соответствовали типовым стандартам кормления. В качестве основного рациона поросят на комплексе использовался престартерный корм ViaPig – 30124. Поросятам опытной группы скармливали кормовую смесь престартерного корма ViaPig – 30124c и пробиотика КлоСТАТ. В опыте были использованы клинически здоровые поросята.

Условия содержания подопытных животных в группах были одинаковыми. Поросята находились в отдельных загонах по 10 голов до 60-дневного возраста. В период проведения опыта изучали перевариваемость заданных кормов. О переваримости судили по разности между питательными веществами съеденного корма и выделенными из организма. Другими словами, переваримые питательные вещества равны питательным веществам корма за минусом питательных веществ фекалий.

Исследования корма и фекальных масс поросят проводили в лаборатории химического анализа ТОО «Рубиком» «Комбикормовый завод – элеватор». Для определения клетчатки, протеина, жира и других показателей в кормах и фекалиях использовали анализатор FOSS Large cup.

Контроль за ростом поросят проводили путём индивидуального взвешивания до утреннего кормления, по результатам которого рассчитывали валовой и среднесуточный приросты живой массы. Взвешивания поросят, находящихся в эксперименте проводили непосредственно

на месте их содержания. Статистическая обработка полученных данных выполнена методом вариационной статистики по Стьюденту на ПК с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Microsoft», США.

Из таблицы 1 видно улучшение перевариваемости кормов при использовании пробиотика КлоСТАТ через 15 дней после начала эксперимента в опытной группе, что связано с лучшей конверсией питательных веществ по сравнению с поросятами контрольной группы.

Таблица 1

**Переваримость питательных веществ через 15 дней после
начала эксперимента, %, (M±m, n=40)**

№ пп	Группа поросят	Протеин	Жир	Клетчатка	БЭВ
1	контрольная	80,1±0,53	71,1±1,06	30,0±3,16	91,7±0,73
2	опытная	83,1±1,03**	75,7±1,0*	32,8±5,36	93,9±1,93

* – здесь и далее разница по отношению к контрольной группе достоверна

* – ($P<0,05$), ** – ($P<0,01$).

Так усвоемость протеина в опытной группе через 15 дней после применения смеси увеличивается на 3,7, жира – 5,6, клетчатки – 9,3 и суммарное переваривание БЭВ – 2,4%.

Таблица 2

**Переваримость питательных веществ через 30 дней после
начала эксперимента, %, (M±m, n=40)**

№ пп	Группа поросят	Протеин	Жир	Клетчатка	БЭВ
1	контрольная	81,1±0,73	72,1±1,56	33,0±5,26	92,6±0,33
2	опытная	85,2±1,34**	77,7±2,09*	36,8±7,46	93,4±1,81

Анализ таблицы 2 показал, что через 30 дней после начала эксперимента процент перевариваемости питательных веществ по сравнению с контролем повышается – протеина на 5,0, жира – 7,8, клетчатки – 11,5 и суммарное переваривание БЭВ – 0,9.

Таким образом, изучение влияния пробиотика КлоСТАТ на перевариваемость корма в разные сроки исследования показало, что уже через 15 дней после начала эксперимента наблюдается видимое его воздействие на переваримость корма, которое существенным образом усиливается через 30 дней.

Одним из основных показателей, характеризующих воздействие пробиотиков на организм поросят, также служило изменение их живой массы. (таблицы 3, 4).

Как показали результаты исследования поросята опытной группы по сравнению с контрольной имели более высокую энергию роста, что отразилось на абсолютных показателях живой массы и среднесуточного прироста.

Среднесуточный прирост живой массы поросят через 15 дней после начала эксперимента в опытной группе по сравнению с контролем был выше на 31,8%. Аналогично изменился и валовый прирост живой массы – 3,3 и 4,4 кг.

Таблица 3

Результаты влияния пробиотика КлоСТАТ на живую массу и среднесуточный прирост поросят через 15 дней после начала эксперимента ($M \pm m$, $n=40$)

Показатель	Группы поросят	
	контрольная	опытная
Живая масса в начале опыта (кг)	8,3±0,13	8,3±0,13
Живая масса в середине опыта (кг)	11,6±0,7	12,7 ±1,13
Прирост живой массы – валовый прирост (кг)	3,3±0,22	4,4±1,1*
Среднесуточный прирост (г)	220±3,91	293±5,9*

Из полученных данных видно, что переваримость питательных веществ влияет на привесы у поросят, получавших пробиотик. Различия по сравнению с поросятами контрольной группой достоверны, т.е. скармливание смеси уже через 15 дней показало положительное влияние на прирост живой массы поросят.

Таблица 4

Результаты влияния пробиотика КлоСТАТ на живую массу и среднесуточный прирост поросят через 30 дней после начала эксперимента ($M \pm m$, $n=40$)

Показатель	Группы поросят	
	контрольная	опытная
Живая масса в начале опыта (кг)	8,3±0,13	8,3±0,13
Живая масса в конце опыта (кг)	19,1±0,9	22,6 ±1,1
Прирост живой массы – валовый прирост (кг)	10,8±1,9	14,3±1,2*
Среднесуточный прирост (г)	360±5,4	477±5,1*

Из таблицы 4 видно, что валовой прирост живой массы поросят через 30 дней после начала эксперимента составил: в контрольной группе 10,8 и опытной – 14,3 кг, это больше на 3,5 кг или 32,4%. За период опыта среднесуточный прирост живой массы у поросят, получавших пробиотик КлоСТАТ, составил 447г, что выше, чем у животных контрольной группы на 24,2%.

Таким образом, под воздействием препарата КлоСТАТ усиливается переваримость питательных веществ корма, что существенно влияет на привесы у поросят. Их различия по сравнению с поросятами контрольной группой достоверны, т.е. скармливание препарата уже через 15 дней показало положительное влияние на прирост живой массы и среднесуточный привес.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов В.В., Коваленко Н.К., Подгорский В.С., Сорокулова И.Б. Пробиотики на основе живых культур микроорганизмов // Микробиологический журнал, 2002. – Т. 64. – № 4. – С.62–78.
2. Бараников В.А., Барило О.Р. Динамика живой массы и интенсивность роста свиней в результате использования антистрессовых препаратов // Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2012. – Т. 1. – № 39. – С. 90–92.
3. Тараканов Б.В. Механизм действия пробиотиков на микрофлору пищеварительного тракта и организм животного // Ветеринария, 2000. – № 7. – С. 45–50.
4. Бакулина Л.Ф. Пробиотики на основе спорообразующих микроорганизмов рода *Bacillus* и их использование в ветеринарии // Биотехнология, 2001. – № 2. – С. 48–56.

Медицинские науки

Клиническая медицина

Акушерство и гинекология

Яценко Д.С., аспирант

(Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова Министерства здравоохранения Российской Федерации)

Мельникова Е.В., доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой
(Санкт-Петербургский медико-социальный институт)

Беженарь В.Ф., доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой

Шабанова Н.А., кандидат медицинских наук, врач акушер-гинеколог
(Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова Министерства здравоохранения Российской Федерации)

РЕАБИЛИТАЦИЯ В АКУШЕРСТВЕ: КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ ВЕДЕНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ, РОДОРАЗРЕШЕНИЯ И ВЕДЕНИЯ ПОСЛЕРОДОВОГО ПЕРИОДА У БЕРЕМЕННОЙ С ПОСЛЕДСТВИЯМИ ТЯЖЕЛОЙ СОЧЕТАННОЙ ТРАВМЫ

В настоящее время, учитывая развитие современных медицинских технологий, всё большее женщин, имеющих тяжелую соматическую патологию, стремятся реализовать свой репродуктивный потенциал. Особой когортой выступают женщины, имеющие инвалидность, которые встречаются с множеством препятствий на протяжении всей гестации, (доступ к медицинским услугам, куда будут входить ограничения в коммуникациях, информационные и финансовые ограничения, а так же физические и психологические ограничения). В данной клинической статье показан успешный пример реабилитации в акушерстве у беременной с последствиями тяжелой сочетанной травмы.

Ключевые слова: реабилитация беременных, реабилитационный диагноз в акушерстве.

Yatsenko D.S.

Melnikova E.V.

Bezhenar V.F.

Shabanova N.A.

REHABILITATION IN OBSTETRICS: A CLINICAL CASE OF MANAGEMENT OF PREGNANCY, DELIVERY AND MANAGEMENT OF THE POSTPARTUM PERIOD IN A PREGNANT WOMAN WITH THE CONSEQUENCES OF SEVERE CONCOMITANT TRAUMA

At present, given the development of modern medical technologies, more and more women with severe somatic pathology seek to realize their reproductive potential. A special cohort is women with disabilities who face many obstacles throughout gestation (access to medical services, which will include communication restrictions, information and financial restrictions, as well as physical and psychological restrictions). This clinical article shows a successful example of rehabilitation in obstetrics in a pregnant woman with the consequences of severe concomitant trauma.

Keywords: rehabilitation of pregnant women, rehabilitation diagnosis in obstetrics.

Актуальность

В настоящее время, учитывая развитие современных медицинских технологий, всё больше женщин, имеющих тяжелую соматическую патологию, стремятся реализовать свой репродуктивный потенциал. Особой когортой выступают женщины, имеющие инвалидность. Среди них около 12% находятся в репродуктивном возрасте [1,2].

Ведение беременности у данной группы пациенток, требует особого подхода. Беременная женщина, имеющая инвалидность, встречается с множеством препятствий на протяжении всей гестации, с момента постановки на учет по беременности в женской консультации до выписки из родильного дома с охватом всего послеродового периода. К таким препятствиям относится, например, доступ к медицинским услугам, куда будут входить ограничения в коммуникациях, информационные и финансовые ограничения, а так же физические и психологические ограничения. То есть, беременная женщина, имеющая инвалидность, встречает на своем пути барьеры к получению медицинских услуг [3,4].

Сейчас во всем мире остаются недооцененные проблемы, связанные с окружающей средой, доступностью социальной поддержки. Из вида упускаются функциональные способности беременной с инвалидностью на протяжении всей беременности [5,6].

Кроме того, беременные женщины, имеющие инвалидность, сталкиваются с множеством психологических трудностей, порой из-за неготовности медицинского персонала к общению и ведению беременности в сложившейся ситуации, что можно связать с отсутствием опыта и достаточного количества знаний для ведения данной клинической ситуации. И во время первого обращении беременная сталкивается порой с негативной реакцией медицинского персонала на сам факт беременности. Неудачный опыт общения с медицинскими работниками зачастую приводит к негативным установкам самой женщины и впоследствии может препятствовать своевременному обращению за медицинской помощью [6,7,8,9,10,11,12].

В настоящий момент акушеры-гинекологи столкнулись с потребностью в модернизации, как самой среды пребывания для женщин, имеющих инвалидность, в медицинском учреждении, так и с потребностью в разработке методов реабилитации данных женщин в послеродовом периоде.

Беременные с инвалидностью могут иметь нарушения и структур, и функций организма, ограничения активности и участия, поэтому для обеспечения успешной реализации репродуктивного потенциала у женщины с инвалидностью необходима совместная работа с мультидисциплинарной реабилитационной командой, поскольку один специалист не способен оценить состояние пациентки по всем аспектам функционирования [11]. Эту задачу дает возможность осуществить «Международная классификация функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья» (МКФ) – это признанная во всем мире классификация составляющих здоровья и связанных со здоровьем факторов, была рекомендована для международного использования 54-й Всемирной ассамблей здравоохранения в 2001г [12,13,14]. МКФ на практике позволяет реализовать базовые принципы реабилитации: пациент-центрированный и проблемно-ориентированный принципы, персонализированный подход, мультидисциплинарный принцип и биopsихосоциальную модель болезни и инвалидности [13,14,15].

На опыте клиники акушерства и гинекологии ФГБОУ ВО «ПСПбГМУ им. И.П. Павлова» Минздрава России (руководитель клиники – д.м.н., профессор – В.Ф. Беженарь) мы наблюда-

ем, что, как правило, практически все женщины с инвалидностью вступают в беременность с максимально возможным компенсированным состоянием инвалидизирующего заболевания. В большинстве случаев мультидисциплинарная команда не способна восстановить имеющийся физический дефект у данной группы беременных, но она может максимально адаптировать окружающую среду с целью восстановления повседневной активности женщины, а также приобретения дополнительных активностей которые возникают в течение гестации, послеродового периода и связанные с рождением ребенка.

В данном клиническом случае представлена пациентка, К. 22 лет, имеющая инвалидность, которая наблюдалась в клинике акушерства и гинекологии ФГБОУ ВО «ПСПбГМУ им. И.П. Павлова» Минздрава России с 7 недель беременности, была успешно родоразрешена при доношенном сроке гестации и далее находилась под постоянным наблюдением в течение года после выписки из стационара. Нами была предпринята успешная попытка работы в составе мультидисциплинарной реабилитационной команды, постановки реабилитационного диагноза в постоперационном периоде и реализации целей реабилитации.

Клинический случай

Беременная К., 22 лет впервые поступила в отделение патологии беременности клиники акушерства и гинекологии ФГБОУ ВО «ПСПбГМУ им. И.П. Павлова» Минздрава России при сроке беременности 6/7 недель. Поступила в плановом порядке по направлению СПБ ГБУЗ «Городская поликлиника № 112» для решения вопроса о возможности пролонгирования беременности.

Диагноз при поступлении: «Беременность 7/8 недель. Отягощенный соматически анамнез (последствия ДТП от 2015г травматическая болезнь головного мозга, последствия сочетанной травмы головы, грудной, брюшной полости, костей таза, верхних и нижних конечностей, ОЧМТ с переломом основания черепа с субарахноидальным кровоизлиянием, ушибом головного мозга тяжелой степени, с формированием очагов в лобной и височной долях, ножке мозга справа и области Варолиева моста). Спастическая параплегия нижних конечностей, спастический монопарез правой верхней конечности, экстрапирамидные нарушения, умеренные когнитивные нарушения. Состоянием после множественных операций на органах грудной и брюшной полости, остеосинтеза правой плечевой кости, левой подвздошной кости, левой лучевой кости. Кожно-трахеальный свищ».

В анамнезе простудные заболевания в детском возрасте. Аллергические реакции отрицает. Наследственность отягощена: у матери бронхиальная астма, семейный тромботический анамнез не отягощен. Гемотрансфузии в 2015г. Вредные привычки: табакокурение 5-10 сигарет/день (стаж 10 лет) в том числе и во время данной беременности (2 сигареты/день). Менструальная функция без особенностей. Паритет: 1 беременность – настоящая, наступила самостоятельно. Живет в зарегистрированном браке.

Anamnesis morbi: в июне 2015 года поступила в СПБ ГБУЗ «Елизаветинская больница» в крайне тяжелом состоянии после травмы (ДТП). Состояние соответствовало критическому по шкале ВПХ-СП (49 баллов) с прогнозируемой летальностью 100%. Диагноз при поступлении: «Тяжелая сочетанная травма головы, груди, живота, таза, конечностей. Закрытая черепно-мозговая травма. Ушиб головного мозга тяжелой степени с формированием контузионных очагов в лобной, височной долях справа, в ножке мозга справа и в области варолиева моста. Ушиб ствола головного мозга. Субарахноидальное кровоизлияние. Гемосинус. Ушибленные раны лобной области слева. Закрытая травма груди. Ушиб сердца. Ушиб легких. Правосторонний пневмоторакс. Аспирация крови в трахеобронхиальное дерево. ОДН-III ст. Закрытая травма живота. Разрыв селезенки. Множественные разрывы правой доли печени. продолжающееся внутрибрюшное кровотечение. Ушиб правой почки. Повреждение артериальной ветви почечной ножки, паранефральная гематома справа. Закрытая ротационно-不稳定ная травма таза с переломом обеих лонных, левой седалищной кости, оскольчатым переломом левой подвздошной кости

с разрывом левого крестцово-подвздошного сочленения. Множественная травма конечностей. Закрытый перелом средней трети правой плечевой кости. Открытый перелом дистального метафиза лучевой кости, окольчатый перелом проксимального метафиза локтевой кости левого предплечья. Множественные ушибы, ссадины конечностей. Шок II ст. Осложнения – аспирационная пневмония, посттравматический пульмонит с экссудативным плевритом. Левосторонний пневмоторакс. Эрозивный геморрагический гастрит. Острая язва тела желудка. Гнойный эндо-бронхит. Сепсис. Посттрахеостомический стеноз трахеи. Правосторонний напряженный пневмоторакс.

За время госпитализации проведено множество операций: лапаротомия, спленэктомия, ушивание разрывов правой дли печени, дренирование плевральной полости, трахеостомия (далее повторные операции по бужированию рубцового стеноза трахеи, эндопротезирование трахеи на кругло-круглом Т-образном стенте 2015, удаление стента в 2016г с формированием кожно-трахеального свища), интрамедуллярные остеосинтезы плечевой и локтевой кости, костей таза.

Выписана через 82 дня. Состояние при выписке: грубое органическое поражение головного мозга с синдромом малого сознания, легким спастическим тетрапарезом.

С 2015 по 2019 гг проводилось неоднократное реабилитационное лечение в НИПНИ им. В.М. Бехтерева и СПБ ГБУЗ «Городская больница №23». На фоне лечения отмечалась положительная динамика в виде уменьшения выраженности тетрапареза. Последняя госпитализация на реабилитационное лечение была произведена за 1 месяц до наступления настоящей беременности. Заключение невролога при выписке: спастическая параплегия нижних конечностей, спастический монопарез правой верхней конечности, экстрапирамидные нарушения, умеренные когнитивные нарушения. Рекомендован повторный курс реабилитации через 4 месяца.

По данным МСКТ головного мозга, выполненной за 2 месяца до наступления беременности: картина кистозно-глиозных очагов в правой височной и лобной доле, верхних отделах ствола мозга, ножке мозга справа. Умеренно выраженная заместительная гидроцефалия.

Заключение фибробронхоскопии от 2018г: субкомпенсированный рубцовый стеноз грудного отдела трахеи. Состояние после удаление Т-образного стента от 2016 г. Кожно-трахеальный свищ.

Данные остеосцинтиграфии от 2018 г: сцинтиграфические признаки подозрительные на патологические изменения правого плечевого сустава, левого голеностопного сустава. Убедительных данных за наличие изменений костей вторичного характера не получено.

Основной задачей первой госпитализации (срок 6/7 недель) в клинику акушерства и гинекологии ПСПбГМУ им. И.П. Павлова являлось решение вопроса о возможности пролонгирования беременности. Для его решения было необходимо создание мультидисциплинарной команды специалистов с целью осуществления персонифицированного подхода. За время нахождения в стационаре беременная консультирована неврологом, нейрохирургом, офтальмологом, терапевтом, психологом, проведено клинико-лабораторное обследование.

На момент первичного осмотра неврологом пациентка предъявляла жалобы на нечеткость речи, слабость в правых конечностях, спастику в нижних конечностях в вертикальном положении. Из особенностей объективного осмотра: слабость конвергенции, грубая дизартрия, элементы назолалии. Тонус мышц повышен по пирамидному типу, больше в дистальных отделах справа. Центральный тетрапарез, в ногах до 3 баллов, уступчивости в проксимальных отделах рук. Коленные и ахилловы рефлексы оживлены. Симптом Россолимо-Вендеровича, Бабинского с двух сторон, ярче справа. Координаторные пробы выполняет с интенцией с 2-х сторон. Правосторонняя гемигиперестезия. Заключение: на момент осмотра показаний для прекращения беременности не выявлено.

По заключению нейрохирурга, в настоящий момент пациентка не нуждается в нейрохирургическом лечении, пролонгирование беременности не противопоказано.

Осмотр оториноларинголога – кожно-трахеальный свищ без признаков воспаления. Дыхание через нос.

Офтальмолог: миопия средней степени.

Терапевт: посттравматическая энцефалопатия.

По данным клинико-лабораторного обследования показатели находились в пределах референсных значений.

По результатам акушерского обследования данных за наличие острой гинекологической патологии не выявлено, признаков угрожающего самопроизвольного аборта нет.

Учитывая заключения специалистов, а так же принимая во внимание результаты клинико-лабораторного обследования, на момент госпитализации противопоказаний для пролонгирования беременности не выявлено. Пациентка К. выписана в удовлетворительном состоянии с прогрессирующей беременностью 7/8 недель под наблюдение врача женской консультации с рекомендациями.

На учет в женскую консультацию №29 пациентка встала в 10 недель беременности. По результатам перинатальных скринингов, проведенных в I, II, III триместрах, патологии не выявлено (низкий риск развития пороков плода). Пациентка регулярно посещала женскую консультацию, выполняя назначения. С 12 недель беременности начата терапия бактериального вагиноза, вызванного уреаплазмой, в том числе антибактериальная с 20 недель беременности. За время гестации общая прибавка массы тела составила 6,7 кг – равномерно. Показатели артериального давления до беременности 90/60 мм рт ст., перед родоразрешением – 110/70 мм рт ст – без значимых колебаний за время гестации. С III триместра отмечалось снижение уровня гемоглобина максимально до 87 г/л – проводилась антианемическая терапия. Перед родоразрешением уровень гемоглобина составил 118 г/л. Остальные клинико-лабораторные показатели оставались в пределах референсных значений в течение всей гестации.

На протяжении всей беременности пациентка наблюдалась в отделении дневного стационара клиники акушерства и гинекологии. Наблюдение проводилось в виде очных встреч и большей частью – за счет телефонного консультирования лечащим врачом (ввиду значительных нарушений двигательной активности и связанными с этим трудности в мобильности пациента).

Контрольная госпитализация в отделение патологии беременности клиники акушерства и гинекологии ФГБОУ ВО «ПСПбГМУ им. И.П. Павлова» Минздрава России состоялась в 30 нед. беременности. Пациентка повторно консультирована смежными специалистами (неврологический статус – без отрицательной динамики), выполнен весь комплекс клинико-лабораторного обследования. За время госпитализации проведена инфузционная антианемическая терапия препаратами железа. По данным УЗИ исследования размеры плода соответствовали сроку гестации (предполагаемая масса плода 1500 грамм), гемодинамических нарушений в системе мать-плацента-плод выявлено не было. Цервикальный канал длиной 33 мм, внутренний зев закрыт. Беременная выпisана под наблюдение врача женской консультации. даны рекомендации по следующей госпитализации.

Для планового родоразрешения путем операции кесарева сечения пациентка К. была госпитализирована при сроке 38 недель. В объем подготовки к операции входило: консультация смежными специалистами (невролог, нейрохирург, терапевт), общее клинико-лабораторное обследование. Выполнено УЗИ плода и допплерометрия : в полости матки определяется один живой плод в головном предлежании, размеры плода соответствуют 35/36 неделям беременности. Предполагаемая масса плода 2600 грамм. Околоплодные воды в нормальном количестве. Плацента располагалась по задней стенке матки. Заключение: Беременность 38/39 нед. Гипотрофия плода. Гемодинамических нарушений в системе мать-плацента-плод не выявлено. По данным кардиотокографии плода не было обнаружено признаков нарушения его функционального состояния. Анестезиологом были произведена оценка тяжести состояния и риска анестезии: степень риска по ASA III / 2; Риск ТЭО – высокий; трудность интубации по Mallampatti: II. Планировалась сочетанная анестезия (КСЭДА + общая) с возможным переходом на общую комбинированную анестезию с инвазивной ИВЛ. В случае необходимости перехода на общую

анестезию, для обеспечения проходимости дыхательных путей, использование видеобронхоскопа.

Предоперационный диагноз: Беременность 38/39 недель. Хроническая плацентарная недостаточность. Гипотрофия плода. Травматическая болезнь головного мозга. Спастическая параплегия нижних конечностей, спастический монопарез правой верхней конечности, экстрапирамидные нарушения, умеренные когнитивные нарушения. Субкомпенсированный рубцовый стеноз грудного отдела трахеи. Кожно-трахеальный свищ. ОСА (ДТП последствия сочетанной травмы головы, грудной, брюшной полости, костей таза, верхних конечностей, ОЧМТ с переломом основания черепа, с САК, ушибом головного мозга тяжелой степени, с формированием очагов в лобной и височной доли, ножке мозга справа и области варолиева моста 2015г). Состояние после множественных операций на органах грудной и брюшной полости (торакотомия, лапаротомия, гастростомия, трахеостомия, спленэктомия), остеосинтеза правой плечевой кости, левой подвздошной кости, левой лучевой кости 2015г.

Операция кесарева сечения была выполнена в плановом порядке. Без технических трудностей выполнена длительная эпидуральная анестезия. Выполнена нижнее-срединная лапаротомия (учитывая возможный выраженный спаечный процесс в органах брюшной полости и малого таза) – без технических трудностей. По вскрытию брюшной полости обнаружена матка, увеличенная до доношенного срока гестации. Придатки без изменений. Вскрыта pl. vesiko-uterina и мочевой пузырь низведен. Поперечным разрезом вскрыта полость матки, края раны разведены. Околоплодные воды светлые. За головку на 1 минуте от начала операции извлечена живая, донощенная девочка массой 2600 грамм, длиной 47 см (ЗВУР ассиметрична форма), оценка по шкале Апгар 8/9 баллов. Кровопотеря составила 600 мл. Продолжительность операции 20 мин.

В течение суток после родоразрешения пациентка находилась в отделение реанимации, состояние соответствовало объему и сроку операции. Течение раннего послеоперационного периода без особенностей. Проводился мониторинг витальных функций, контроль лабораторных показателей, коррекция водно-электролитного баланса, утеротоническая, спазмолитическая терапия, профилактика ТЭО, адекватная анальгезия.

На 2 сутки после родоразрешения родильница переведена в акушерское физиологическое отделение №1. Мультидисциплинарной командой составлен реабилитационный диагноз, намечены краткосрочные и долгосрочные цели реабилитации (см. приложение1). С целью психологического комфорта и для обеспечения необходимого полноценного ухода, родильнице предоставлена индивидуальная плата и совместное пребывание с одним из членов семьи. Медицинской сестрой отделения новорожденных проведен тренинг по грудному вскармливанию новорожденного. Акушерка послеродового отделения объяснены правила гигиенического ухода и ухода за швом на переднее брюшной стенке. По данным клинико-лабораторного обследования в послеродовом периоде выявлено снижение уровня гемоглобина до 108 г/л, проведена коррекция антианемическими препаратами, остальные показатели находились в пределах референсных значений. Так же проводилась анальгезирующая и утеротоническая терапия в течение первых трех суток послеродового периода. Выполнено УЗ-исследование органов малого таза – соответствует срокам после оперативного родоразрешения. Консультирована неврологом: неврологический статус без отрицательной динамики, диагноз прежний. За время наблюдения в послеродовом отделении родильница и новорожденный пребывали совместно, проводилось грудное вскармливание.

Пациентка К. выписана в удовлетворительном состоянии на 9 сутки послеоперационного периода с ребенком. На момент выписки краткосрочная цель реабилитации и цель на момент постановки реабилитационного диагноза были полностью выполнены. Течение послеродового периода – без осложнений. Швы с передней брюшной стенки сняты на 7 сутки, заживление per prima.

Рекомендована явка в отделение дневного стационара через 2 месяца после родоразрешения, даны рекомендации о необходимости контрацепции в течение 2 лет, выполнение УЗ-исследования органов малого таза через 1 год. Наблюдение неврологом и нейрохирургом амбулаторно.

Дальнейшее наблюдение за пациенткой проводилось при помощи очной явки 1 раз в 6 месяцев в отделение дневного стационара клиники и телефонного консультирования по мере необходимости. За время наблюдения за пациенткой в течение года после родоразрешения, с целью решения вопроса о пластике кожно-трахеального свища, выполнена фибробронхоскопия (через 3 месяца после родоразрешения) – компенсированный рубцовый стеноз грудного отдела трахеи, диффузный двусторонний умеренно выраженный катаральный эндобронхит. Состояние после удаления Т-стента от 09.06.2016 г. Кожно-трахеальный свищ. Принято решение о закрытии кожно-трахеального свища после прекращения лактации. Выполнено контрольное УЗ-исследование органов малого таза от 10.12.2020г – область рубца на матке без локальных истончений. Пациентка планирует повторную беременность не ранее чем через 1 год, используется барьерный метод контрацепции.

Заключение

Данный клинический случай является весьма интересным с точки зрения, как науки, так и практической медицины. Учитывая увеличение количества женщин репродуктивного возраста, имеющих инвалидность, медицинские организации и медицинские работники должны быть готовы к оказанию полного спектра специализированной помощи таким женщинам, начиная с модернизации среды. Необходим персонифицированный подход к каждой беременной, имеющей инвалидность, учитывая все стороны и потребности данной пациентки. Весь этот спектр помощи, возможно, можно оказать только при работе междисциплинарной бригады, которая должна работать в категориях МКФ. В настоящее время существует недостаточно публикаций, посвященных реабилитации беременных женщин, имеющих инвалидность, но ощущается острая необходимость в развитии данного направления. В конечном итоге все эти меры, направленные на улучшения здоровья и благополучия женщин, имеющих инвалидность, необходимы для обеспечения благополучных акушерских и перинатальных исходов.

Первичная форма реабилитационного диагноза (в категориях МКФ) и индивидуальной программы медицинской реабилитации.

Дата: 29.11.2019 г Время_11:00_ Возраст 22 года

ФИО пациента: _К.

Отделение: АФО1 Номер койки/палаты: X Дата поступления: _ 28.11.2020

Клинический диагноз: _Роды 1 срочные. Послеродовый период 3 сутки. Состояние после кесарева сечения. Травматическая болезнь головного мозга. Спастическая параплегия нижних конечностей, спастический монопарез правой верхней конечности, экстрапирамидные нарушения, умеренные когнитивные нарушения. Субкомпенсированный рубцовый стеноз грудного отдела трахеи.

Реабилитационный диагноз в категориях МКФ	О	Участник МДБ	Индивидуальная программа медицинской реабилитации
<i>Активность и участие (деятельность)</i>			
Принятие положения сидя	33	лфк	вертикализация
Поддержание положения сидя	12	лфк	тренинг положения стоя
Принятие положения стоя	24	лфк	вертикализация

Ходьба	34	лфк	тренинг ходьбы
Изменение позы при положении стоя	23	лфк	тренинг изменения положения стоя
Поднятие и перенос ребенка	34	лфк + мс	тренинг поднятия и переноса ребенка
Кормление ребенка	13	мс	тренинг по позиционному кормлению ребенка
Передвижение на инвалидной коляске	11	мс	тренинг использования технических средств
Мытье частей тела	34	мс	тренинг мытья частей тела
Выполнение гигиенических мероприятий после мочеиспускания	44	мс	тренинг выполнения гигиенических мероприятий
Физиологически отправления (памперс)	33	мс+п	психокоррекция
Питье, прием пищи	23	ЛФК+П	мотивационный тренинг
Дискуссия	33	Л+П	логокоррекция, психокоррекция

Факторы среды

персонал, осуществляющий уход	-1	П	психокоррекционная работа с персоналом
соседи по палате с детьми (крики детей)	-4	В+МС	перемещение в одноместную палату
неудобная уборная (далеко от палаты, совместно с душем)	-4	В+МС	перемещение в палату с собственным сан.узлом

Функции

депрессия	1	П	психокоррекционная работа
нарушение качества сна	3	П+МС	психокоррекционная работа + перемещение в одноместную палату
коммуникации с окружающими	3	П	психокоррекционная работа
запор	3	МС	очистительная клизма
боль в области шва передней брюшной стенки	3	Э + В	подбор удобного белья и бандажа, обезболивающая терапия
анемия	2	В	антианемическая терапия

Структуры			
кожно-трахеальный свищ	4	Мс	мероприятия ухода за свищем

Краткосрочная цель реабилитации: купирование болевого синдрома.

Цель реабилитации на данном этапе пациентка через 2 дня может самостоятельно выполняет гигиенически процедуры без помощи ассистента.

Долгосрочная цель реабилитации: пациентка полностью независима в мобильности и уходе за ребенком через 2 недели

Заключение МДБ и маршрутизация пациента: продолжение лечения в условиях акушерского физиологического отделения

Врач по профилю (В)	Эрготерапевт (Э)
Врач по физической и реабилитационной медицине (ФРМ)	Мед.сестра (МС)
Физический терапевт (ФТ)	Зав.отд.
Логопед (Л)	Другой специалист
Клинический психолог (П)	

ЛИТЕРАТУРА

1. *Signore C, Spong CY, Krotoski D, Shinowara NL, Blackwell SC.* Беременность у женщин с физическими недостатками. Акушерство И Гинекология. 2011;117(4):935
2. *Smeltzer SC.* Беременность у женщин с физическими недостатками. Журнал акушерского, гинекологического и неонатального ухода. 2007;36(1):88–96
3. *Томас С., Кертис П.* рождение ребенка: репродуктивный опыт некоторых женщин-инвалидов. Акушерство. 1997;13(4):202–209.
4. *Рэдклифф В.* Магистерская диссертация. Лидский университет; Лидс, Великобритания: 2008. Быть храброй: женщины-инвалиды и материнство
5. *Липсон Дж. г., Роджерс Дж. г.* Беременность, роды и инвалидность: опыт оказания медицинской помощи женщинам. Здравоохранение Женщины Int 2000;21(1):11–26
6. *Toor GK, Harris JE, Escobar M, Yoshida K, Velikonja D, Rizoli S, Cusimano M, Cullen N, Sokoloff S, Colantonio A.* Long-Term Health Service Outcomes Among Women With Traumatic Brain Injury. Arch Phys Med Rehabil. 2016 Feb;97(2 Suppl):S54-63. doi: 10.1016/j.apmr.2015.02.010. Epub 2015 Feb 20. PMID: 25707697.
7. *Nosek MA, Young ME, Rintala DH, Howland CA, Foley CC, Bennett JL.* Барьера для поддержания репродуктивного здоровья женщин с физическими недостатками. Журнал женского здоровья. 1995;4(5):505–518.
8. *Becker H, Stuifbergen A, Tinkle M.* опыт охраны репродуктивного здоровья женщин с физическими недостатками: качественное исследование. Arch Phys Med Rehabil. 1997;78(12): S26–S33.
9. *Welner SL, haseltine F.* Welner's guide to the care of women with disabilities. Lippincott Williams & Wilkins; 2004.

10. Beckmann CRB, Gittler M, Barzansky BM, Beckmann CA. Гинекологическая помощь женщинам с ограниченными возможностями здоровья. Акушерство И Гинекология. 1989;74(1):75.
11. Бассон Р. сексуальное здоровье женщин-инвалидов. Can Med Assoc J. 1998;159(4):359.
12. Бодрова Р.А., Аухадеев Э.И., Тихонов И.В. Опыт применения международной классификации функционирования в оценке эффективности реабилитации пациентов с последствиями поражения ЦНС // Практическая медицина. 2013. № 1 (66). С. 98–100.
13. Мельникова Е.В., Буйлова Т.В., Бодрова Р.А., Шмонин А.А., Мальцева М.Н., Иванова Г.Е. Использование международной классификации функционирования (МКФ) в амбулаторной и стационарной медицинской реабилитации: инструкция для специалистов // Вестник Восстановительной медицины, № 6 (82) 2017 Аухадеев Э.И. Международная классификация функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья, рекомендованная ВОЗ, – новый этап в развитии реабилитологии // Казанский медицинский журнал. – 2007. – Том 88. – №1. – С. 5–9.
14. Аухадеев Э.И., Бодрова Р.А. Новый методологический подход к реабилитации пациентов на основе международной классификации функционирования // Вестник восстановительной медицины. 2014. № 1 (59). С. 6–10.
15. Leonardi M, Chatterji S, Ayuso-Mateos JL, Hollenweger J, Ustün B, Kostanjsek NF, Newton A, Björck-Åkesson E, Francescutti C, Alonso J, Matucci M, Samoilescu A, Good A, Cieza A, Svestkova O, Bullinger M, Marincek C, Burger H, Raggi A, Bickenbach JE. Integrating research into policy planning: MHADIE policy recommendations. Disabil Rehabil. 2010;32 Suppl 1:S139-47. doi: 10.3109/09638288.2010.520807

Стоматология

Копытов А.А., доктор медицинских наук,

кандидат социологических наук, профессор

Оганесян А.А., доктор медицинских наук,

зав. кафедрой

Миняйло Ю.А., ассистент

Разиньков П.Н., ассистент

Одарченко К.С., ассистент

(Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

**ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ШЛИФОВАНИЯ И ПОЛИРОВАНИЯ
ОБРАЗЦОВ АКРИЛОВЫХ БАЗИСНЫХ ПЛАСТМАСС НА МИГРАЦИЮ
МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА В ВОДНЫЕ ВЫТЯЖКИ**

Возрастающая сенсибилизация населения приводит к необходимости поиска стоматологических материалов отличающихся низкой повреждающим потенциалом. Наиболее популярными материалами для базисов съёмных протезов являются акрилаты. В состав некоторых акриловых пластмасс для базисов протезов входит метилметакрилат, внесённый в перечень прекурсоров наркотических веществ. Совокупная значимость повреждающего потенциала и антинаркотической политики государства обусловила разработку базисного материала на основе этилметакрилата. В статье представлены данные о миграции мономера метилметакрилата в водные вытяжки. Методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии доказана наибольшая динамика миграции метилметакрилата из «Фторакс», наименьшая из «Белакрил-этилметакрилат горячего отверждения».

Ключевые слова: акриловые пластмассы, метилметакрилат, водные вытяжки.

Kopytov A.A.

Oganesyan A.A.

Minyaylo Yu.A.

Razinkov P.N.

Odarchenko K.S.

**EFFECT OF SEQUENTIAL GRINDING AND POLISHING OF ACRYLIC
BASE PLASTICS ON THE MIGRATION OF METHYL METHACRYLATE
INTO AQUEOUS EXTRACTS**

The increasing sensitization of the population leads to the need to search for dental materials that have a low damaging potential. The most popular materials for removable denture bases are acrylates. Some acrylic plastics for denture bases include methyl methacrylate, which is listed as a drug precursor. The cumulative significance of the damaging potential and anti-drug policy of the state led to the development of a base material based on ethyl methacrylate. The article presents data on the migration of methyl methacrylate monomer into aqueous extracts. The highest dynamics of migration of methyl methacrylate from «Ftorax», the smallest from «Belacryl-ethyl methacrylate hot curing» was proved by the method of reversed-phase high-performance liquid chromatography.

Keywords: acrylic plastics, methyl methacrylate, aqueous extracts.

Введение. В 1936 году братья Н.М. Vernon и L.B. Vernon провели реакцию полимеризации сложных эфиров акриловой кислоты и представили полоску из метилметакрилата. В 1938 году

W. Wright изготавлил протез с базисом из акриловой пластмассы на основе метилметакрилата получившего торговое название «Vernonite». По мнению специалистов прошлого века, это материал считался оптимальным, и около 95% съёмных пластинчатых протезов изготавливались из акрилатов. В настоящее время, в связи с разработкой иных базисных материалов, доля акриловых протезов снизилась, но остается на стабильно высоком уровне [1]. Это объясняется экономичностью производства компонентов акриловых пластмасс, простотой изготовления и обработки протезов, их хорошими эстетическими качествами. К отрицательным характеристикам базисов из акрилатов следует отнести: недостаточную прочность и теплопроводность, значительный коэффициент теплового расширения. При этом главным недостатком акриловых полимеров выступает наличие в готовых протезах остаточного мономера мигрирующего в ротовую жидкость, что может приводить к воспалению слизистой протезного ложа, увеличению сроков реабилитации, а в отдельных случаях к невозможности пользования протезами и их переделки за счёт изготовителя с применением других материалов [2].

В Российской Федерации и в ближнем зарубежье наибольшей популярностью пользуются акриловые пластмассы для базисов протезов «Фторакс» («Стома» Украина) и «Белакрил метилметакрилат горячего отверждения» («ВладМиВа» Россия) имеющие в качестве мономера жидкость с концентрацией метилметакрилата более 15%, что привело их к причислению к Списку IV Таблицы II содержащей перечень наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров. Метилметакрилат (ММА) является прекурсором опиоидного анальгетика 3-метилфентанила[3].

Добиваясь более высокого собственного уровня конкурентоспособности, в известной степени обуславливающего суверенитет страны АО «ЗАО «ВладМиВа» прилагает значительные усилия, направленные на разработку и внедрение широкого спектра стоматологической продукции [4]. Оценивая запросы рынка и особенности социально-экономической ситуации в стране, выявлена необходимость разработки отечественной акриловой базисной пластмассы. При этом за основу принята установка о необходимости разработки пластмассы, содержащей в качестве мономера жидкость этилметакрилат. Такой подход обусловлен необходимостью снижения устойчивости наркотизма. Под наркотизмом понимаем совокупность материальных и нематериальных затрат государства на борьбу нелегальным оборотом наркотических веществ и их прекурсоров а так же действия направленные на исключение возможности вывода наркотических веществ и их прекурсоров из легального оборота в нелегальный. Разрабатываемая пластмасса получила название «Белакрил -этилметакрилат горячего отверждения».

Проводя лабораторную оценку физико-механических характеристик базисных полимеров согласно ГОСТ 31572-2012 (ISO 1567:1999) мы пришли к выводу об отсутствии соответствия регламентов ГОСТа протоколу протезирования больных нуждающихся в съёмных протезах. Наш вывод основан на следующих аргументах. На протезное ложе опирается необработанная поверхность протеза. Её обработка может приводить к различным осложнениям, в том числе и нарушению прилегания протеза, плохой стабилизации, в отдельных случаях к перелому базиса. Конфигурация (площадь) не обработанной поверхности определяет интенсивность миграции в ротовую жидкость мономеров (метилметакрилата и этилметакрилата) и иных биологически активных соединений. При этом, ГОСТ рекомендует изготавливать образцы для проведения оценки санитарно-химических характеристик вытяжек из базисных пластмасс подвергая их обработке шкуркой с последующей доводкой в течение 1 минуты на шлифмоторе с применением полировочной пасты. Т.е. ГОСТ рекомендует подготавливать образцы, таким образом, каким обрабатывается поверхность протеза не имеющая непосредственного контакта с тканями протезного ложа.

Цель работы. Изучить влияние последующих шлифования и полирования образцов базисных пластмасс на миграцию в дистиллиированную воду метилметакрилата.

Материалы и методы. К исследованию приняли базисные пластмассы «Фторакс», «Белакрил-метилметакрилат горячего отверждения» (БМГО), «Белакрил-этилметакрилат горя-

чего отверждения» (БЭГО). Перед проведением исследования определили корреляционную массу образцов и необходимый объём дистиллированной воды, для чего проведено взвешивание пятнадцати полных съёмных протезов, по пять из каждого материала. Корреляционная масса определена в соответствии с ГОСТ 31576-2012 «Оценка биологического действия медицинских стоматологических материалов и изделий. Классификация и приготовление проб».

Сравнительную оценку мигрировавшего в дистиллированную воду MMA определяли путём обращенно-фазовой высокоеффективной жидкостной хроматографии. Для чего применили жидкостный хроматограф LC-20, укомплектованный насосом высокого давления LC-20 AD и спектрофотометрическим детектором SPD-20 AV. Разделение мигрировавших веществ вытяжки обеспечено работой колонки с неподвижной фазой Hypersil ODS-2 снаряженной высокодисперсным сорбентом (~5мкм). Ацетонитрил, фильтрующийся со скоростью 1 мл/мин задействован в качестве подвижной фазы.

Согласно рекомендациям производителя изготовили по 57 полосок из базисных материалов габаритами $40,0\pm1,0\times10,0\pm0,5\times2,0\pm0,1$ мм. Первую группу полосок ($n=28,5$) каждого материала последовательно шлифовали и полировали, соответственно технологии обработки поверхностей протезов, не контактирующих с протезным ложем. Вторую группу полосок ($n=28,5$) каждого материала задействовали не подвергнув лабораторной обработке имитируя поверхность опирающуюся на протезное ложе. Затем полоски распиливались на две равные части и погружались в колбы по 9,5 в каждую. Всего для каждого материала готовили по шесть вытяжек в том числе три с обработанными образцами и три с необработанными образцами. Оценке подвергались односуточные, трёхсуточные, семисуточные и четырнадцатисуточные вытяжки. После оценки модельная среда удалялась, и образцы заливались новым корреляционным объёмом модельной среды.

Результаты исследования. После суточного термостатирования из необработанных образцов пластмассы «Фторакс» объём мигрировавшего MMA обеспечил его концентрацию равную $0,118\pm0,011$ мг/л, в колбах с обработанными образцами концентрация достигла $0,112\pm0,011$ мг/л. Последовательное шлифование и полирование образцов привело к снижению концентрации MMA равному 5,3%. В вытяжках с необработанными образцами БМГО концентрация MMA соответствует $0,108\pm0,012$ мг/л, с обработанными – $0,100\pm0,01$ мг/л. Обработка образцов обусловила снижение миграции MMA на 8,0%. В вытяжках с необработанными образцами БЭГО MMA присутствует в концентрации $0,013\pm0,002$ мг/л, в вытяжках с обработанными достигает $0,012\pm0,002$ мг/л, при разнице концентраций 8,3%

После трёхсуточного термостатирования в вытяжках из необработанных образцов «Фторакс» концентрация MMA увеличилась до $0,209\pm0,018$ мг/л, в вытяжках из обработанных образцов до $0,190\pm0,015$ мг/л. Разница концентраций MMA в вытяжках составила 10,0%. В вытяжках экстрагирующих мономер из необработанных образцов БМГО концентрация MMA повысилась до $0,152\pm0,012$ мг/л, из обработанных образцов до $0,120\pm0,011$ мг/л. Разница концентраций мономера равна 26,6%. В вытяжках из БЭГО концентрация MMA, перешедшая в среду из необработанных образцов повысилась до $0,027\pm0,004$ мг/л, из обработанных до $0,020\pm0,002$ мг/л. Различия в шероховатости поверхностей привели к 35-процентной отличию концентрации.

Содержание MMA в семисуточных вытяжках из необработанных образцов «Фторакс» достигла $0,309\pm0,020$ мг/л из обработанных – $0,280\pm0,020$ мг/л, при разнице 10,3%. В вытяжках из необработанных образцов БМГО выявлен рост концентрации MMA до $0,203\pm0,02$ мг/л, эта концентрация на 26,8% превышала концентрацию мономера, полученную из обработанных образцов равную $0,160\pm0,014$ мг/л. В присутствии необработанных образцов БЭГО зафиксирован прирост концентрации MMA до $0,039\pm0,007$ мг/л. Выявленная концентрация на 39,2% больше, концентрации полученной в процессе термостатирования отполированных образцов равной $0,028\pm0,007$ мг/л .

В четырнадцатисуточных вытяжках, полученных из необработанных образцов «Фторакс», концентрация MMA составила $0,401\pm0,02$ мг/л, что на 25,3% больше концентрации мономера в вытяжках из обработанных образцов равной $0,320\pm0,025$ мг/л. В вытяжках из содержащих метилметакрилат, мигрировавший в среду из необработанных образцов БМГО его концентрация увеличилась до $0,244\pm0,03$ мг/л, миграция из обработанных образцов увеличилась до $0,190\pm0,47$ мг/л, при разнице 28,4%. В вытяжках с необработанными образцами БЭГО MMA присутствует в концентрации $0,051\pm0,02$ мг/л. В вытяжках с обработанными образцами присутствие мономера увеличилось до $0,036\pm0,003$ мг/л, концентрация мономера в вытяжках полученных из обработанных образцов меньше концентрации мономера в вытяжках из необработанных образцов составила 41,6%

Выводы. Различия в динамике миграции метилметакрилата из базисных акриловых пластмасс «Фторакс», «Белакрил-метилметакрилат горячего отверждения» и «Белакрил-этилметакрилат горячего отверждения» достоверны на всём протяжении исследования ($p<0,05$). Наибольшая концентрация метилметакрилата на протяжении исследования выявлена у «Фторакс», наименьшая у «Белакрил-этилметакрилат горячего отверждения». Этот факт свидетельствует о предпочтении в пользу «Белакрил-этилметакрилат горячего отверждения» при выборе материала для базисов съёмных протезов.

При сравнении миграции метилметакрилата в дистиллированную воду выявлена достоверная разница концентрации метилметакрилата ($p<0,05$), в вытяжках полученных при термостатировании последовательно отшлифованных и отполированных и необработанных образцов. Механическая обработка «Фторакс» снижает концентрацию метилметакрилата от 5,3 до 25,3%, «Белакрил-метилметакрилат горячего отверждения» от 8,0 до 28,4%, «Белакрил-этилметакрилат горячего отверждения» от 8,3 до 41,6%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Nandal S., Ghalaut P., Shekhawat H., Gulati M.S. New era in denture base resins: a review Dental Journal of Advance Studies 2013 Vol.1 133–146.
2. Миняйло Ю.А., Копытов А.А., Поздняков С.Н. Основные этапы развития материалов и методов изготовления базисов съемных протезов Клиническая стоматология. 2021. № 1 (97). С. 124–130.
3. Van Bever W.F., Niemegeers C.J., Janssen P.A. Synthetic analgesics. Synthesis and pharmacology of the diastereoisomers of N-(3-methyl-1-(2-phenylethyl)-4-piperidyl)-N-phenylpropanamide and N-(3-methyl-1-(1-methyl-2-phenylethyl)-4-piperidyl)-N-phenylpropanamide. (англ.) // Journal of medicinal chemistry. – 1974. – Vol. 17, no. 10. – Р. 1047-1051. – PMID 4420811
4. Копытов А.А., Цимбалистов А.В., Kopitov A.A., Мишина Н.С. Оценка доверия к алмазным борам ЗАО «ОЭЗ «ВладМиВа» по результатам анкетирования профессионалов г. Санкт-Петербурга Медицинский алфавит. 2016. Т. 3. № 21 (284). С. 65–68.

Науки о Земле

Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

Пилипенко О.Г.

Ефремов В.А.

Костюмов В.В.

(Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет))

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ КАРОТАЖНЫХ ДАННЫХ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

В статье предлагается метод, созданный на базе искусственный нейронных сетей, который позволяет автоматизированно подойти к литологическому расчленению скважин по данным, снимаемым с кривых ГИС. Метод базируется на применении нейросети типа автоэнкодера и полностью связной нейронной сети. В рамках работы проведены исследования метода и его особенности поведения, получены вероятности насыщения горных пород нефтяной фазой, а также приведено сравнение с другими методами.

Ключевые слова: Машинное обучение (МО), нейронные сети, понижение размерности, признаковое пространство, ГИС, нефтяная фаза.

Pilipenko O.G.

Efremov V.A.

Kostyumov V.V.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR AUTOMATIC INTERPRETATION OF LOG DATA IN REAL TIME USING MACHINE LEARNING METHODS

The article proposes a method created on the basis of artificial neural networks, which allows an automated approach to the lithological classification of wells based on data taken from well logging curves. The method is based on the use of an autoencoder type neural network and a fully connected neural network. As part of the work, the method and its behavior were studied, the probabilities of the saturation of rocks with the oil phase were obtained, and a comparison with other methods was given.

Keywords: Machine learning (ML), neural networks, dimension reduction, feature space, well logging curves, oil phase, reservoir.

Введение

Современная разработка нефтяных и газовых месторождений не представима без использования комплекса методов геофизических исследований скважин (ГИС). Одной из главных и основных задач методов ГИС и методик их применения является обеспечение литологического расчленения разреза, выделение проницаемых пластов и оценка их насыщения. Данные, получаемые с кривых ГИС и с керна, позволяют строить разные экспериментальные зависимости между параметрами, что дает возможность более точно описывать характеристики пласта. В дальнейшем полученные данные используются для подсчета запасов углеводородов на месторождении.

Целью работы является создание метода на базе машинного обучения с учителем и без учителя, который будет обобщаться на данных с большего числа скважин, чем в работах [1–8], извлекать важные признаки и автоматически распознавать породы, содержащие нефтяную фазу. Результаты работы метода сравниваются с методом градиентного бустинга и полносвязной нейронной сетью.

Актуальность, постановка проблемы

На сегодняшний день процедура интерпретации кривых ГИС остаётся традиционной, то есть с привлечением геолога или геофизика. Кривые интерпретируются при помощи специальных программных комплексов, куда загружаются данные, в которых эксперт разделяет разрезы скважин, опираясь на знания поведения кривых ГИС в той или иной геологической обстановке и собственный опыт. Практика показывает, что такой подход требует значительных временных ресурсов. При этом время принятия решений при бурении скважин является центральным аспектом, так как оплата работы бригад производится по времени проведения операций, что приводит к её простоям и убыткам для компании.

Сегодня нефтегазовые компании всё чаще прибегают к использованию технологии LWD (log-well drilling), то есть проведение геофизических исследований скважин во время бурения. Такая концепция позволяет более точно определять физические характеристики пласта и сокращать время простоя скважины. Но даже с использованием этой технологии интерпретация кривых всё равно занимает значительное время у экспертов, что снижает эффективность более оперативного реагирования на изменение геологической обстановки во время бурения, а с другой стороны замедляет сам процесс бурения.

Задача автоматической интерпретации кривых ГИС не нова. В работах [1–8] авторы прибегали к разным методам, начиная от классических методов машинного обучения (Наивный байесовский классификатор, LDA, kNN, SVM, Decision Tree, Random Forest, Gradient Boosting, XGBoost, LightGBM) и заканчивая методами глубокого обучения (полносвязные нейронные сети, свёрточные нейронные сети). Лучше всех по качеству являются градиентный бустинг и случайные леса. При этом обучение и валидация моделей производились на небольших объемах данных, как правило до 20 скважин. Малый объём выборки может приводить к переобучению моделей в случае глубоких нейронных сетей или только к локальному обобщению в случае классических методов.

Предобработка данных и построение модели

В исследовании рассматриваются скважины с обезличенного месторождения в количестве 300 штук. В качестве предикторов выступают каротажные диаграммы (ALPS, BK, GZ1…GZ7, DGK, NKTD, NKTR, NKTМ) и тип породы. Предсказываемой переменной является наличие или отсутствие нефтяной фазы в горной породе.

Всего в выборке представлено порядка 500 000 объектов. Предобработка данных включала в себя избавление от значений NaN и объектов-дубликатов. После предобработки в выборке остается порядка 100 000 объектов. Баланс классов по характеру насыщения и горным породам представлен на рисунках 1 и 2 соответственно:

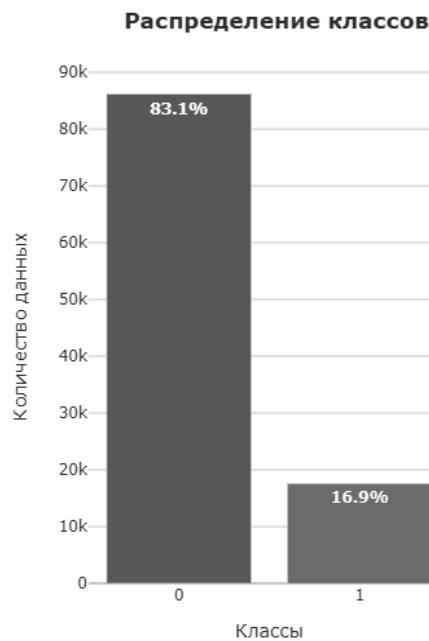


Рис. 1. Баланс классов по характеру насыщения

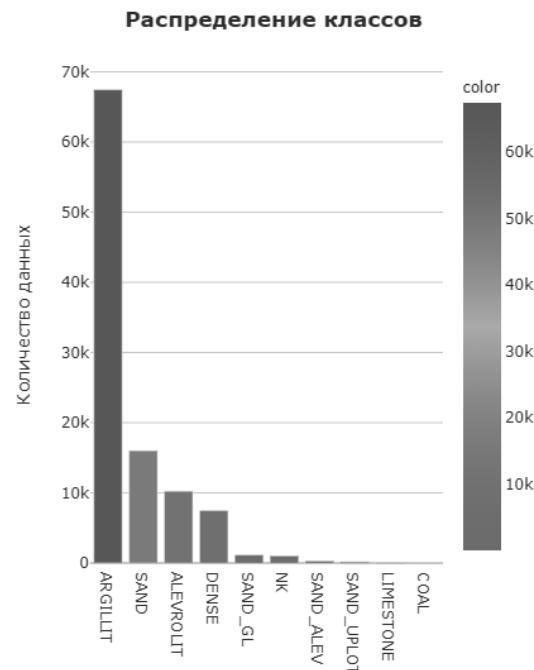


Рис. 2. Баланс классов по горным породам

Также для расширения признакового пространства данных была проведена операция feature engineering, которая делается с целью отбора самых важных признаков и дальнейшего выделения нефтеносных пород. Новые признаки представляют из себя нелинейные преобразования исходных данных, такие как: возведение в квадрат, в куб, дифференцирование, сглаживание каждого признака, отношение каждого градиент зонда (GZ) к гамма-каротажу (DGK) и другие. Данные расширяются до 62 признаков.

Оценка качества алгоритмов отслеживалась по метрике F1-score так как в случае дисбаланса выборки такие метрики как площадь под гос-кривой или доля правильных ответов могут давать слишком оптимистичные результаты [9]. Модель состоит из двух частей – автоэнкодера и полностью связной нейронной сети (АЭ+НС). Сначала обучается автоэнкодер, суть которого сжимать данные и восстанавливать их до исходного состояния. Затем берётся вектор скрытого состояния из автоэнкодера и через него пропускаются исходные данные, чтобы их сжать и подаются на вход полностью связной нейронной сети для дальнейшей классификации (рисунок 3). В качестве настраиваемых параметров выступали: число нейронов на каждом слое, функции активации, коэффициент обучения, размер пакета данных, число эпох, оптимизатор. Исходное представление данных сжималось до 10. Под тренировку и валидацию было отведено 70% и 30% данных соответственно.

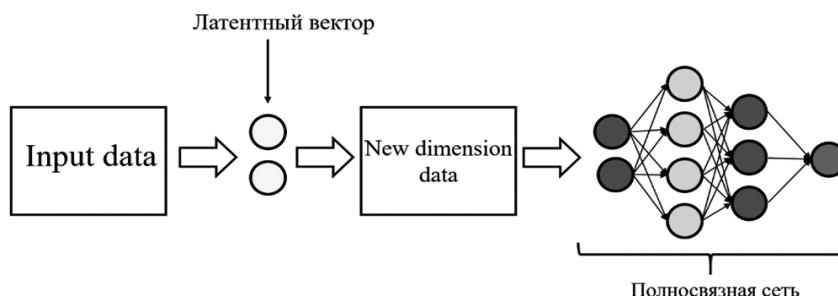


Рис. 3. Вид работы АЭ+НС

Оценка качества модели

Результаты построенной модели сравниваются с результатами методов “градиентный бустинг” и “полносвязная нейронная сеть”. Обучение и валидация разработанной модели представлены на рисунке 4:

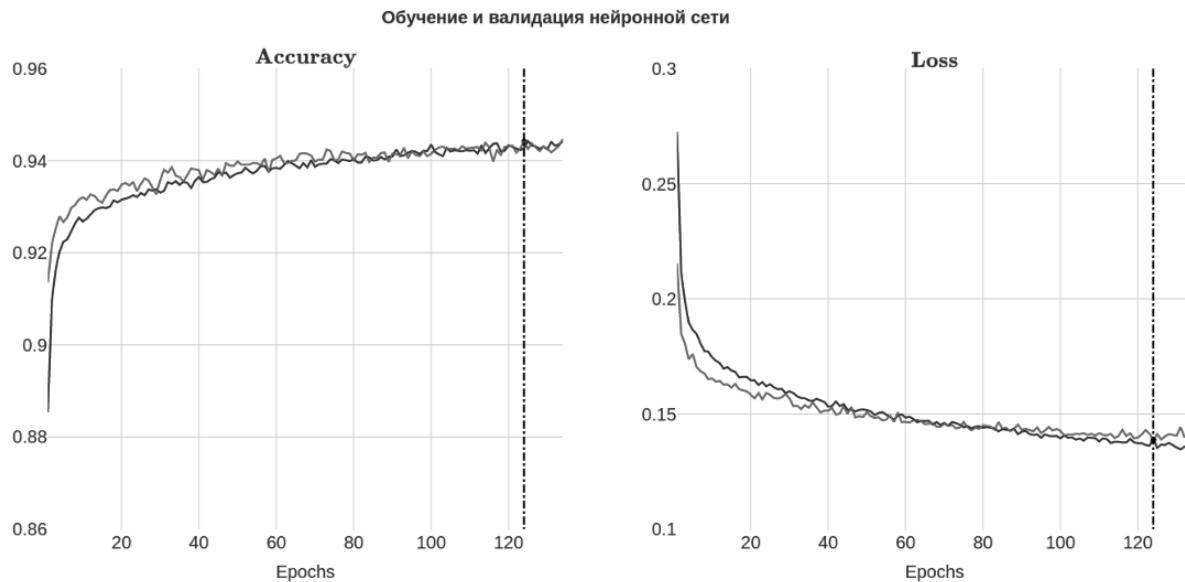


Рис. 4. Обучение и валидация модели. Синяя и красная кривые обучение и валидация соответственно. Пунктирная линия показывает момент остановки обучения

	GradBoost	НС	АЭ+НС
Roc_score_train	90.48%	96.87%	96.36%
Roc_score_valid	88.66%	92.24%	92.04%
F1_score_train	84.59%	92.76%	92.89%
F1_score_valid	81.51%	84.97%	85.91%

Рис. 5. Метрики качества алгоритмов на обучении и валидации

	Well_23	Well_75	Well_14	Mean_score
GradBoost	77.9%	86.1%	43.3%	69.1%
NN	74.8%	79.6%	74.0%	76.1%
АЭ+НС	79.9%	83.0%	73.6%	78.8%

Рис. 6. Результаты интерпретации на тестовых скважинах по метрике F1-score

Обучение модели прекращается, если в течении 10 эпох не происходит существенного уменьшения функции потерь на валидационной выборке. Сравнительные результаты методов, приведенные на рисунке 5, показывают, что метод АЭ+НС по метрике F1-score выше, чем метод градиентного бустинга и полносвязная нейронная сеть при условии, что обучение происходило на данных, размерность которых ниже на 2. В качестве тестовых данных выступали три скважины с этого же месторождения. Результаты работы методов приведены на рисунке 6.

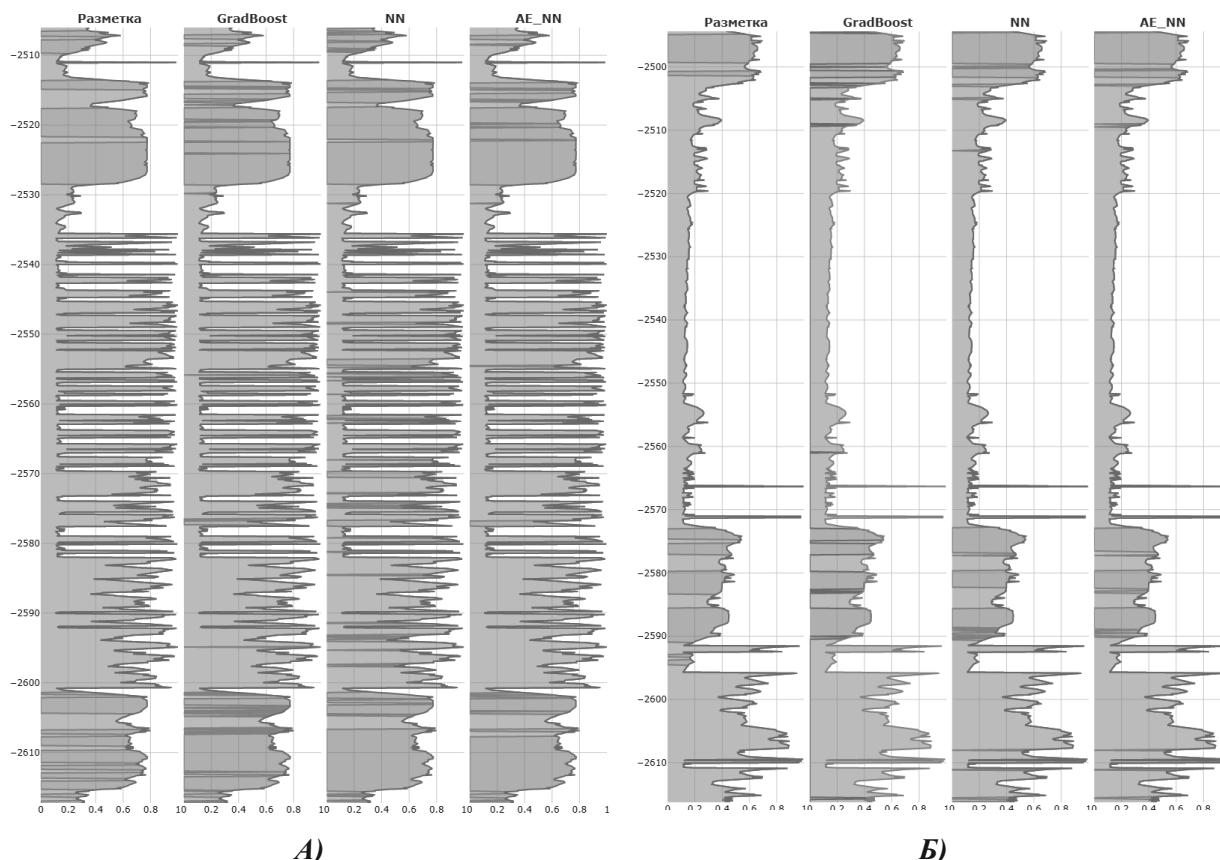


Рис. 7. Пример интерпретации тестовых скважин. Серым и коричневым цветами отмечены породы, которые насыщены или не насыщены нефтяной фазой соответственно. А) Well_23. Б) Well_75.

На рисунке 7 приведен пример интерпретации скважин алгоритмами на кривой ALPS.

Заключение

Обобщая полученные результаты можно сделать вывод, что разработанный метод позволяет классифицировать породы по наличию или отсутствию нефтяной фазы с высокой точностью и стабильностью на тестовой выборке. Предсказания производились на данных пониженной размерности, что в будущем позволит сократить использование некоторых ГИС-кривых, а это уменьшит экономические затраты на проведение дорогостоящих исследований. С ростом числа данных всё более актуальным становится использование глубоких нейронных сетей для интерпретации каротажных диаграмм, что и было продемонстрировано в работе.

В дальнейшем планируется обобщение метода на большее число скважин и на скважины с месторождений-аналогов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zhang, Yujin, Salisch, Henry, McPherson, John. Application of neural networks to identify lithofacies from well logs, Exploration Geophysics , Volume 30, pp 45-49, 1999/03/01.
2. Avseth, P. and T. Mukerji. Seismic lithofacies classification from well logs using statistical rock physics: Petrophysics, 43, 70–81, 2002
3. Yumei Li, Richard Anderson-Sprecher. Facies identification from well logs: A comparison of discriminant analysis and naïve Bayes classifier, Journal of Petroleum Science and Engineering 53(3-4):149-157, September 2006.

4. Dubois, M.K.; Byrnes, A.P.; Bohling, G.C. & Doveton, J.H. Multiscale geologic and petrophysical modeling of the giant Hugoton gas field (Permian), Kansas and Oklahoma, USA. American Association of Petroleum Geologists Memoir, 88, p. 307-35, 2006.
5. Matthias Delescluse, Mathieu Rodriguez. Facies classification from well logs using an inception convolutional network, June 2017
6. Alexsandro Guerra Cerqueira A. C. da P. Carlos Geraldo Nery. Facies classification in well logs of the Namorado oilfield using Support Vector Machine algorithm Conference: 15th International Congress of the Brazilian Geophysical Society & EXPOGEF, Rio de Janeiro, Brazil, 31 July-3 August 2017
7. Paolo Dell'Aversana, January 2019. Comparison of different Machine Learning algorithms for lithofacies classification from well logs Article in Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata · January 2019
8. Adrielle A. Silva¹, Mônica W. Tavares¹, Abel Carrasquilla¹, Roseane Misságia¹, and Marco Ceia¹ , Petrofacies classification using machine learning algorithms 2020 Geophysics 85(4):1-71
9. Takaya Saito, Marc Rehmsmeier, The Precision-Recall Plot Is More Informative than the ROC Plot When Evaluating Binary Classifiers on Imbalanced Datasets PLoS One. 2015.

Харитонов А.Л., кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник

(Институт земного магнетизма, ионосфера и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкина Российской академии наук)

DOI: 10.25633/ETN.2021.07.06

**РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ УЧЕТА ВАРИАЦИЙ
ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПО ДАННЫМ БУЙКОВОЙ
СТАНЦИИ И ДАННЫМ ВЗАИМНО ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ ПРОФИЛЕЙ
ГИДРОМАГНИТНОЙ СЪЕМКИ НА АКВАТОРИИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ**

В статье рассматриваются новые методы учета вариаций геомагнитного поля, при выполнении морской магнитной съемки на акватории Каспийского моря, по взаимно-пересекающимся профилям и по данным морской буйковой магнитовариационной станции. Проведен анализ полученных результатов и сделаны выводы о возможном учете основных геомагнитных вариаций по данным взаимно-пересекающихся профилей измерений геомагнитного поля.

Ключевые слова: вариации геомагнитного поля, морская магнитная съемка, взаимно-пересекающиеся профили геомагнитного поля.

Kharitonov A.L.

**RESULTS OF COMPARISON OF THE ACCOUNT OF VARIATIONS
OF THE GEOMAGNETIC FIELD ACCORDING TO THE DATA OF THE BUOY
STATION AND THE DATA OF MUTUALLY INTERSECTING PROFILES
OF THE HYDRO-MAGNETIC SURVEY IN THE CASPIAN SEA**

The article considers new methods of accounting for variations of the geomagnetic field, when performing marine magnetic surveys in the Caspian Sea, using mutually intersecting profiles and data from the marine buoy magnetic variation station. The analysis of the obtained results is carried out and conclusions are drawn about the possible accounting of the main geomagnetic variations according to the data of mutually intersecting profiles of measurements of the geomagnetic field.

Keywords: variations of the geomagnetic field, marine magnetic survey, intersecting profiles of the geomagnetic field.

Введение

Для повышения точности морских магнитных съемок, используемых при поисках месторождений полезных ископаемых, рассматриваются результаты учета временных вариаций переменного геомагнитного поля, полученные при выполнении морской магнитной съемки по системе взаимно-пересекающихся профилей на акватории Каспийского моря, с одновременной фиксацией этих данных морской буйковой магнитовариационной станцией (МВС) АМПВГ-1 [Мачинин и др., 1980]. Методы учета временных вариаций переменного геомагнитного поля при выполнении морских магнитных съемок можно разделить на «прямые» и косвенные [Гордин и др., 1986]. К «прямым» методам учета вариаций относятся методы, использующие непосредственное измерение временных вариаций переменного геомагнитного поля на береговых или морских буйковых или донных магнитовариационных станциях. А косвенными считаются методы учета этих временных вариаций по данным пересекающихся профилей самих морских магнитных съемок. Оба эти метода обладают определенными преимуществами и недостатками. В дан-

ной статье рассматривается методика, которая одновременно пытается использовать преимущества обоих методов учета временных вариаций переменного геомагнитного поля.

Данные и методы

При проведении морской магнитной съемки по системе взаимно-пересекающихся профилей на акватории Каспийского моря, в районе банки Андреева, была также использована морская буйковая магнитовариационная станция, разработанная в ИЗМИРАН [Мачинин и др., 1980]. То есть, при использовании данной методики учета вариаций переменного геомагнитного поля при выполнении морской магнитной съемки одновременно использовать как «прямые», так и косвенные методы учета временных вариаций геомагнитного поля. Известно, что погрешность морских магнитных съемок определяется: погрешностью аппаратуры (приборная погрешность), девиационная погрешность, погрешность определения временных вариаций переменного геомагнитного поля, первые две из которых при выполнении морской магнитной съемки в пределах банки Андреева составили соответственно 2 нТл, 3 нТл. Величина временных вариаций переменного геомагнитного поля в этом районе может колебаться от 10 до 40 нТл. Таким образом, отсутствие учета временных вариаций геомагнитного поля является основной (по величине амплитуды) погрешностью, определяющей качество морской магнитной съемки. При этом следует подчеркнуть, что этот вид погрешности, при определенных условиях (временные вариации переменного во времени геомагнитного поля типа солнечно-сугодичной вариаций или бухтообразных геомагнитных возмущений длительностью от 2 до 4 часов) могут интерпретироваться как ложные магнитные аномалии «постоянного» поля и которые могут возникнуть при проведении морской магнитной съемки.

Морские магнитометры, измеряющие модуль полного вектора индукции геомагнитного поля (B_n) позволяют реализовать варианты, как в заякоренном виде буйковой МВС, так и в дрейфующем виде буйковых магнитовариационных станций. Установка таких буйковых магнитовариационных станций в районе проведения морской магнитной съемки не вызовет существенных технических трудностей, в отличие от донной МВС, для спуска которой на большую глубину обычно требуется наличие специальной набортной подъемной техники и большого судна-буксировщика, увеличивающего девиационные погрешности морской магнитной съемки. Возможность записи временных вариаций геомагнитного поля магнитовариационной станцией в заякоренном варианте буйковой МВС, также как и в случае донной МВС, может использоваться в основном только для малых глубин моря и не приемлемо для больших глубин из-за наличия громоздкого спуско-подъемного оборудования, увеличивающего девиационные помехи.

Для проверки возможности учета временных вариаций геомагнитного поля на акватории со значительным удалением от береговых геомагнитных обсерваторий и с большой глубиной морского дна, где не применим буйковый заякоренной варианта магнитовариационной станции были выполнены эксперименты с буйковой дрейфующей магнитовариационной станцией и взаимно-пересекающимися профилями. При выполнении морской магнитной съемки, на морском полигоне площадью 25 кв. км, на акватории Каспийского моря были изготовлены два комплекта протонного вариометра-градиентометра АМПВГ-1, которые прошли все испытания в магнитной обсерватории ИЗМИРАН. Магнитовариационная буйковая станция, сконструированная на основе вариометра-градиентометра АМПВГ-1 была изготовлена на основе двух протонных модульных магнитометров ПМ-001. Структурная схема буйковой МВС на основе вариометра-градиентометра АМПВГ-1 приведена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема буйковой магнитовариационной станции на основе вариометра-градиентометра АМПВГ-1. МЧБ-1, МЧБ-2 – магниточувствительные блоки МВС; ПМ-001 – блоки электроники МВС; Регистратор -1, Регистратор-2 – два регистра измерений временных вариаций геомагнитного поля.

Буйково-контейнерная система МВС обеспечивает погружение верхнего контейнера с регистрирующей магнитометрической аппаратурой (МЧБ-1) на глубину до 400 метров, а нижнего контейнера (МЧБ-2) – до 600 метров, с расстоянием между контейнерами около 200 метров (рис. 2). Автономность работы буйковой магнитовариационной станции АМПВГ-1 от 3-х до 7-и суток, в зависимости от типа используемых аккумуляторов. В данном эксперименте значения временных вариаций геомагнитного поля на буйковой МВС осреднялись по всем значениям геомагнитного поля, измеренным в интервале каждых 15 минут.

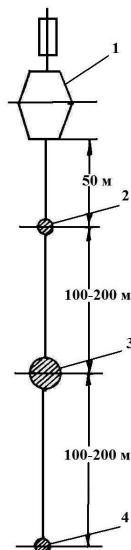


Рис. 2. Схема расположения заглубленных в контейнерах магниточувствительных блоков (МЧБ-1,-2) (2, 4) на буйковой магнитовариационной станции АМПВГ-1, относительно буйка (1), расположенного на поверхности Каспийского моря. 3 – заглубленные в контейнерах блоки электроники.

Было также проведено сравнение полученных данных о временных вариациях переменного геомагнитного поля, измеренных на буйковой магнитовариационной станции (5) и этими же временными вариациями, измеренными в ближайших береговых магнитовариационных станциях (МВС) в поселке Аваза (3), расположенном на восточном берегу Каспийского моря, на расстоянии около 200 километров от места проведения морской магнитной съемки и на мысе Бяндован

(4), расположенном на западном берегу Каспийского моря, на расстоянии около 35 километров от места работы буйковой МВС, а также измерения этих геомагнитных вариаций в обсерваториях Ашхабад (1), Тбилиси (2). Это сравнение показало большое различие в измеренных данных временных вариаций на буйковой магнитовариационной станции (5) и окружающих пунктах измерения вариаций (1-4) переменного магнитного поля Земли (рис. 3).

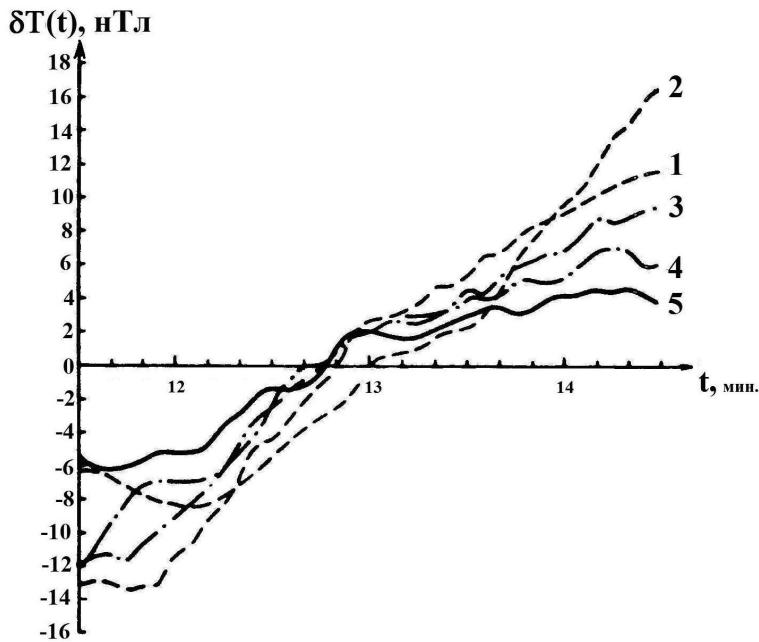


Рис. 3. Результаты сравнения полученных данных о временных вариациях переменного геомагнитного поля, измеренных на буйковой магнитовариационной станции АМПВГ-1. (5) и этими же вариациями, измеренными на ближайших обсерваториях и береговых магнитовариационных станциях (МВС): 1 и 2 – на магнитных обсерваториях Ашхабад, Тбилиси, 3 – береговая МВС в п. Аваза, 4 – береговая МВС на мысе Бяндован.

Из рис. 3 однозначно следует невозможность учета временных вариаций геомагнитного поля по данным ближайших обсерваторий, расположенных в г. Ашхабад и г. Тбилиси и магнитовариационной станции в п. Аваза из-за большой изменчивости вариаций с расстоянием до пунктов измерения (более 200 км). Разность между зарегистрированными временными вариациями геомагнитного поля в этих пунктах и значениями этих вариаций по данным буйковой МВС (АМПВГ-1), расположенной на морском полигоне, больше, чем амплитуда самой временной вариации. По результатам измерений временных вариаций на МВС в п. Бяндован (на расстоянии 35 км) следует, что их можно учесть с достаточно большой погрешностью 20-30 %.

При косвенном методе учета вариаций переменного геомагнитного поля большое значение приобретают статистические способы анализа невязок на сети взаимно-пересекающихся профилей (галсов), измеренных в процессе морской магнитной съемки. Известно, что оценка погрешности исходных материалов морской магнитной съемки на взаимно-пересекающихся профилях (галсах) определяется по результатам статистического анализа невязок в точках пересечения галсов морской магнитной съемки, полученных в процессе их взаимной увязки. Увязка сети профилей магнитной съемки объединяет комплекс операций, обеспечивающих учет и исключение основных составляющих погрешности и приведение результатов измерений магнитного поля к некоторому единому уровню. Использовались разные методы внутренней увязки погрешностей на сети пересекающихся профилей морской магнитной съемки (метод [Гордин и др., 1986], метод коррекции координат [Фастовский, 1984] и другие методы [Серкерыов и др.,

1984]). Наиболее распространенным методом внутренней увязки сети профилей магнитной съемки является метод, при котором в качестве уровня относимости принимается уровень магнитного поля по опорному маршруту (галсу) или по системе опорных маршрутов, выполненных с повышенной точностью [Forster, 1970]. При этом предполагается, что среднеквадратичное значение невязки в каждой данной точке пересечения профилей определяется погрешностью измерений на рядовом маршруте морской магнитной съемки и исключается на всем протяжении данного маршрута. Морская магнитная съемка на полигоне в районе банки Андреева выполнялась с помощью квантового магнитометра КМ-2У, датчик которого буксировался на расстоянии, большем трех длин судна-буксировщика. На морском полигоне площадью 25 кв. км было заложено пять рядовых маршрутов (галсов Г-1 – Г-5), протяженностью 5 километров и два опорных секущих маршрута (галса Г-6 и Г-7), протяженностью около 7-ми километров. Вся морская магнитная съемка на этом полигоне была выполнена за время порядка 4-х часов и даже за такой небольшой период съемочных работ (с 11 час. 30 мин. до 14 час. 30 мин.) изменения вариаций переменного геомагнитного поля составили около 14 нТл. Расположение взаимно-пересекающихся рядовых и опорных маршрутов (галсов) морской магнитной съемки на полигоне в районе банки Андреева показано на рис. 4.

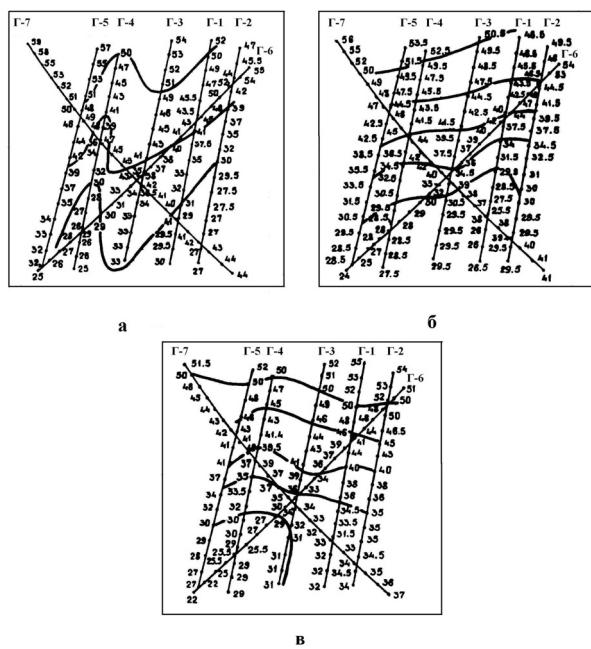


Рис. 4. Схема расположения взаимно-пересекающихся рядовых (Γ -1– Γ -5) и опорных маршрутов (галсов) (Γ -6, Γ -7) морской магнитной съемки на полигоне в районе банки Андреева: а – приведены результаты измерений приращения модуля вектора индукции геомагнитного поля (цифрами в нТл), полученные при выполнении морской магнитной съемки, без внесения каких-либо поправок по учету временных вариаций геомагнитного поля; б – те же данные геомагнитного поля после учета девиационных поправок; в – те же данные геомагнитного поля после учета временных вариаций.

Статистический анализ среднеквадратических значений невязок в точках пересечения всей сети опорных и рядовых профилей морской магнитной съемки позволяет с определенной достоверностью выделить и, соответственно, исключить систематические составляющие погрешности, обусловленные девиацией судна-буксировщика и короткопериодными временными вариациями геомагнитного поля. При этом точность морской магнитной съемки по взаимно-пересекающимся профилям, выполненной на полигоне, в районе банки Андреева соответствовала значениям 6.5 нТл.

Результаты

Были проанализированы недостатки и ограничения используемых нами «прямых» и косвенных методов учета временных вариаций геомагнитного поля при выполнении морской магнитной съемки. Данные морских магнитных съемок по взаимно-пересекающимся профилям с одновременным использованием донной магнитовариационной станции могут быть использованы для изучения характера протекания определенного класса геомагнитных вариаций в открытом море на значительном удалении от береговых геомагнитных обсерваторий. На основе статистического подхода к анализу схемы взаимно-пересекающихся профилей выявлены основные составляющие погрешностей измерения, оценена связь с характеристиками измеряемого геомагнитного поля и параметрами аппаратуры. В результате проведенных морских геомагнитных исследований на полигоне в районе банки Андреева, на акватории Каспийского моря, можно заключить, что средние квадратические погрешности морской магнитной съемки, полученные косвенным методом, по взаимно-пересекающимся профилям, то есть без учета вариаций переменного магнитного поля на магнитовариационных станциях составили 6.5 нанотесл, а «прямым» методом, то есть с учетом вариаций переменного геомагнитного поля, полученных по данным буйковой магнитовариационной станции, они составили 3 нанотеслы. Эти цифры указывают на большую эффективность прямых методов учета временных вариаций переменного геомагнитного поля при выполнении морских магнитных съемок, чем косвенных методов учета временных вариаций по взаимно-пересекающимся профилям.

Заключение

Проведенный анализ погрешностей учета временных вариаций переменного геомагнитного поля на акватории Каспийского моря, в районе банки Андреева косвенным методом свидетельствует о том, что этот метод позволяет учитывать в основном только определенный класс длиннопериодных вариаций переменного геомагнитного поля. Наиболее точными методами учета временных вариаций переменного геомагнитного поля остаются «прямые» методы их учета по буйковым или донным магнитовариационным станциям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордин В.М., Розе Е.Н., Углов Б.Д. Морская магнитометрия // М.: Недра. – 1986.– 232 с.
2. Мачинин В.А., Цветков Ю.П., Пушкин А.Н., Харитонов А.Л. Буйковый дифференциальный протонный магнитометр для учета временных вариаций геомагнитного поля при морских магнитных съемках // Труды ИЗМИР АН СССР под ред. Пушкина А.Н. «Фундаментальные проблемы морских электромагнитных исследований». Москва. – 1980. С. 51–59.
3. Серкеров С.А., Харитонов А.Л. О выборе интервала дискретизации при морской магнитной съемке в условиях коррелирующих помех и полезного сигнала // Труды ИЗМИР АН СССР под ред. Луговенко В.Н. «Экспериментальные исследования геомагнитного поля». Москва. – 1984. С. 56–57.
4. Фастовский У.В. Метод увязки сети морской магнитной съемки // Труды ИЗМИР АН СССР под ред. Луговенко В.Н. «Экспериментальные исследования геомагнитного поля». Москва. – 1984. С. 40–50.
5. Forster M.R. et al. Statistical estimation of systematic errors at intersections of lines of aeromagnetic survey data // J. Geophys. Res. – 1970. – Vol. 75, No.8. – P. 1507–1511.

Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география

Мошков А.В., доктор географических наук, главный научный сотрудник (Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук)

DOI: 10.25633/ETN.2021.07.07

УДК 338:911.3

ПРОБЛЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ПРИМОРСКОГО КРАЯ

В статье рассматриваются особенности современного состояния регионального туристско-рекреационного комплекса, на примере Приморского края. В Приморском крае сформировался наиболее развитый в Дальневосточном федеральном округе туристско-рекреационный комплекс. Выделены две меридиональные туристско-рекреационные зоны – «прибрежная» и «континентальная». Приводятся результаты анализа деятельности туристско-рекреационного комплекса в целом по Приморскому краю, а также на уровне муниципальных образований в составе туристско-рекреационных зон.

Отмечены основные проблемы в развитии туризма и рекреации в Приморском крае – снижение потока въездного и выездного туризма из-за ограничений, вызванных пандемией; низкая обеспеченность коллективными средствами размещения туристов, необходимость в разработке новых туристических маршрутов по территории края и подготовке квалифицированных кадров для туристической деятельности.

Важным инструментом решения этих проблем являются федеральные и региональные Программы развития туризма и рекреации, которые реализуются в Приморском крае. Отмечается, что государственную и региональную поддержку туризма, в т.ч. при строительстве новых коллективных средств размещения населения (гостиниц и аналогичных средств размещения, санаториев и курортов и т.п.) следует рассматривать как наиболее рациональное направление совершенствования туристско-рекреационного комплекса в субъекте Дальневосточного федерального округа.

Ключевые слова: проблемы туристско-рекреационного комплекса, коллективные средства размещения, инфраструктура туризма, туристско-рекреационные зоны, Приморский край.

Moshkov A.V.

PROBLEMS OF FUNCTIONING OF THE REGIONAL TOURIST AND RECREATIONAL COMPLEX OF PRIMORSKY KRAI

The article discusses the features of the current state of the regional tourist and recreational complex by example of the Primorsky Territory. In Primorsky Krai the most developed tourist and recreational complex in the Far Eastern Federal District has been formed. There are two meridional tourist and recreational zones, i.e. «coastal» and «continental». The results of the analysis of activity of the tourist and recreational complex as a whole in the Primorsky Territory are presented, as well as at the level of municipalities as part of tourist and recreational zones.

The main problems in the development of tourism and recreation in the Primorsky Territory are noted – a decrease in the flow of inbound and outbound tourism due to restrictions caused by the pandemic; low availability of collective accommodation facilities for tourists, the need to develop new tourist routes in the territory of the region and the training of qualified personnel for tourism activities.

An important tool for solving these problems is the federal and regional Programs for the development of tourism and recreation, which are being implemented in the Primorsky Territory. It is noted that state and regional support for tourism, including the construction of new collective accommodation facilities (hotels

and similar accommodation facilities, sanatoriums and resorts, etc.) should be considered as the most rational direction for improving the tourist and recreational complex in the subject of the Far Eastern Federal District.

Keywords: problems of the tourist and recreational complex, collective accommodation facilities, tourism infrastructure, tourist and recreational zones, Primorsky Krai.

Введение

Изучение основных проблем регионального туристско-рекреационного комплекса предполагает анализ состояния его основной составляющей – туризма, эффективное функционирование которого обеспечивается за счет рационального использования имеющихся благоприятных факторов и условий для этого вида деятельности (наличие достаточного количества мест коллективного размещения туристов, подвижного состава автобусного парка, развитой сети общественного питания и др.; уникальных таежных и прибрежно-морских ландшафтов Приморского края; его выгодное экономико-географическое положение вблизи стран Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР)).

Негативными факторами развития туризма в Приморском крае можно считать слабое развитие инфраструктуры гостеприимства (не большое количество мест в гостиницах и ограниченный выбор номеров по уровню комфортности и цене; не высокое качество дорог, редкая сеть медицинских учреждений в удаленных районах края; и др.), дефицит квалифицированных кадров в сфере туризма, наличие природно-очаговых заболеваний (энцефалит, болезнь лайма и др.).

В Приморском крае сформировался крупный региональный туристско-рекреационный комплекс, который ежегодно обслуживает десятки тысяч туристов (в 2019 г. в крае было реализовано 127,9 тыс. турпакетов); здесь работали 172 туристские фирмы (по сравнению с 2015 г. их число удвоилось). [21]. По числу коллективных средств размещения Приморский край являлся лидером в Дальневосточном федеральном округе (24,7%), здесь сосредоточено 85,7% все гостиничных мест (в месяц максимального развертывания в коллективных средствах размещения), где проживало 35,4% всех лиц, размещенных в коллективных средствах размещения округа.

Анализ основных показателей работы туристско-рекреационного комплекса за 2015-2019 гг. показывает достаточно высокую динамику по ряду показателей деятельности туристических фирм в Приморском крае. (табл. 1).

Таблица 1

Основные показатели деятельности туристических фирм Приморского края

	2015	2016	2017	2018	2019
Реализовано турпакетов населению, тыс. шт.	161,6	97,8	225,6	125,1	127,9
в том числе:					
гражданам России по территории России	17,6	6,1	36,7	4,2	2,7
гражданам России по зарубежным странам	59,0	66,0	122,7	38,4	52,3
иностранным гражданам по территории России	85,0	25,7	66,2	82,5	72,9
Стоимость реализованных населению туристских путевок, млн. руб.	1353,3	836,2	2887,6	2017,8	2620,2
в том числе:					
гражданам России по территории России	150,7	124,3	151,7	115,4	67,0
гражданам России по зарубежным странам	941,9	628,2	2613,9	1672,1	2147,1
иностранным гражданам по территории России	260,7	83,7	122,0	230,3	406,1
Средняя стоимость одной путевки, тыс. руб.	8,4	8,5	12,8	16,1	20,5

в том числе:					
гражданам России по территории России	8,5	20,3	4,1	27,8	24,9
гражданам России по зарубежным странам	16,0	9,5	21,3	43,6	41,1
иностранным гражданам по территории России	3,1	3,3	1,8	2,8	5,6

Источник: [21].

После снижения туристской активности, с 2019 года наметился небольшой рост, в первую очередь за счет стоимости реализованных населению туристских путевок. В 2019 г. было реализовано турпакетов населению всего 127,9 тыс. шт. на сумму 2620,2 млн. руб. Основная доля (56,9%) всех реализованных в Приморском крае турпакетов приходилась на иностранных граждан для их поездок по территории России и 40,9% – на граждан России для поездок по зарубежным странам. Несколько снизилась стоимость одной путевки для поездок граждан России по стране и для поездок по зарубежным странам.

Однако, введенные в 2020 г. в России и в других странах мира ограничения на туристические поездки, вызванные пандемией, крайне негативно сказались на деятельности туристских фирм в стране и в Приморском крае.

По мнению М.Т. Романова [17], туризм может стать в Приморском крае одной из приоритетных отраслей экономики, вклад которой в валовой региональный продукт может достигать 10-15%. Туризм обеспечивает значительную занятость населения, позволяет получать достаточно высокие доходы. В 2019 году в организациях отдыха и туризма Приморского края было занято 78803 чел. (или 8,4% от всего занятого населения в крае), в том числе: 1) в деятельности гостиниц и предприятий общественного питания – 10405 чел.; 2) деятельности по предоставлению продуктов питания – 6501 чел.; 3) здравоохранении и предоставлении социальных услуг – 53770 чел.; 4) деятельность в области культуры, спорта, организация досуга и развлечений – 8127 чел. [21]. Среднемесячная заработная плата по этим видам деятельности составила: 1) в деятельности гостиниц и предприятий общественного питания – 27527,8 руб.; 2) деятельности по предоставлению продуктов питания – 23716,9 руб.; 3) здравоохранении и предоставлении социальных услуг – 45020 руб.; 4) деятельность в области культуры, спорта, организация досуга и развлечений – 50088,5 руб. При этом, среднемесячная заработная плата по Приморскому краю в целом в 2019 г. составила 46866,5 руб. [20], т.е. только в одном виде организаций отдыха и туризма (деятельность в области культуры, спорта, организация досуга и развлечений) размер среднемесячной заработной платы превысил её средний размер по краю.

Доля туризма (выраженная через стоимости реализованных населению туристских путевок) в валовом региональном продукте (ВРП) Приморского края с 2015 по 2018 гг. не превышала 0,5% (например, в 2015 г. она составила всего 0,2% от ВРП края; в 2017 г. – 0,4%; в 2018 г. – 0,3%). [21]. Наибольший объем выручки от реализованных населению туристских путевок отмечался в 2017 г. (2887,6 млн. руб.) и постепенно снизился до значений 2620,2 млн. руб. в 2019 г.

При этом, объем выручки существенно превышал расходы туристских организаций на приобретение прав на услуги сторонних организаций. К наиболее важным статьям расходов следует отнести услуги по размещению и проживанию (33,6% всех расходов на приобретение прав на услуги сторонних организаций); транспортные услуги (18,4 %); услуги по бронированию, визовому обслуживанию и оформлению поездки (43,7%); культурно-просветительские, культурно-развлекательные и экскурсионные услуги (2,9%); услуги общественного питания (2,4%). (рис. 2).

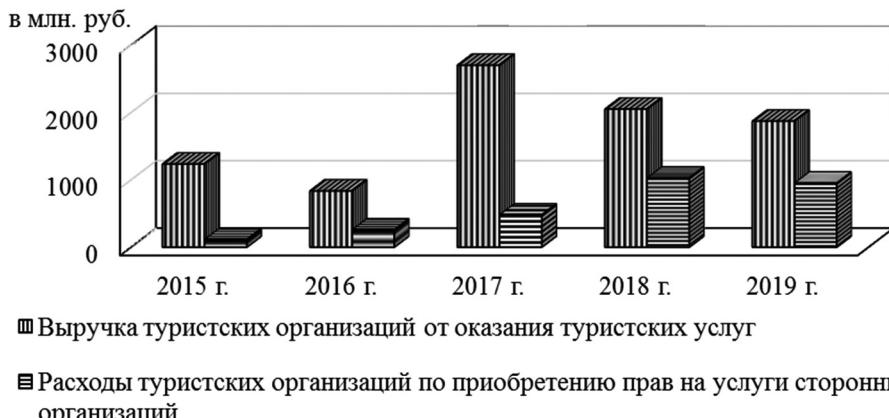


Рис. 1. Изменение выручки туристских организаций от оказания услуг и расходов туристских организаций по приобретению прав на услуги сторонних организаций, используемых при производстве туристского продукта Приморского края за 2015-2019 гг. Составлено по: [21].

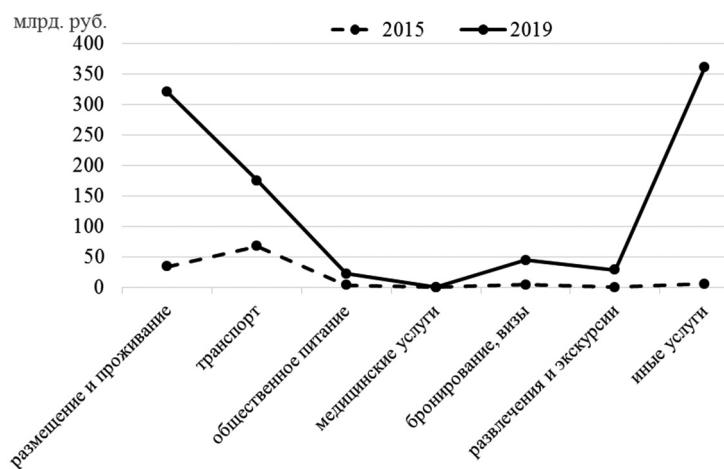


Рис. 2. Динамика структуры расходов туристских организаций Приморского края на приобретение прав на услуги сторонних организаций, млрд. руб. за 2015 – 2019 гг. Составлено по: [21].

По сравнению с 2015 г., в структуре расходов туристских организаций на приобретение прав на услуги сторонних организаций заметно возросла доля услуг по размещению и проживанию; на оплату культурно-просветительских, культурно-развлекательных и экскурсионных услуг. В тоже время, существенно сократилась доля расходов на транспортные услуги и услуги общественного питания.

Туристско-рекреационный комплекс обладает значительным мультиплекативным эффектом, стимулируя спрос на различные товары и услуги, производимые в крае (гостиничное хозяйство, транспортные услуги, общественное питание, медицинские услуги, спортивные и культурные учреждения и др.).

Важнейшим направлением развития регионального туристско-рекреационного комплекса является формирование сети инфраструктуры гостеприимства во всех видах экономической деятельности (деятельность гостиниц и предприятий общественного питания; деятельность по предоставлению продуктов питания; здравоохранение и предоставление социальных услуг; деятельность в области культуры, спорта, организация досуга и развлечений) и за счет этого рост повышение эффективности туризма и рекреации в субъекте Дальневосточного федерального округа и рост уровня жизни населения. На этот процесс оказывают влияние миро-

вые и общероссийские тенденции формирования и развития туристско-рекреационного комплекса страны, а также региональные факторы, обеспечивающие развитие всех туристских видов деятельности.

Развитие туристско-рекреационного комплекса Приморского края осуществляется при поддержке государственной программы Приморского края «Развитие туризма в Приморском крае» на 2020-2027 годы» (№ 903-па от 25 декабря 2019 года) [12]. Кроме этого, существенную поддержку предпринимательской деятельности в сфере туризма и рекреации (налоговые льготы и преференции) оказывают на территориях опережающего развития (ТОР) и Свободного порта Владивосток. [3].

Постановка задачи

Важность изучения проблем регионального туристско-рекреационного комплекса Дальнего Востока России, как особого объекта природопользования, отмечали в своих работах такие авторы как П.Я. Бакланов [1, 2] и Б. В. Поярков [14]. По их мнению, объектом изучения природопользования (в том числе и туристско-рекреационного) в Приморском крае должен быть комплекс взаимоотношений в пространственно-временных границах между использованием природных ресурсов, естественными условиями жизни общества и его социально-экономическим развитием.

Важной составляющей туристско-рекреационного комплекса являются туристско-рекреационные ресурсы Приморского края, изучению которых посвящены работы В.И. Преловского [15, 16], В.М. Урусова [22], Мартышенко Н.С. [7], З.Г. Мирзехановой [9], А.Б. Косолапова [6], Охоткиной В.Э. [13]. В ряде работ [8, 10, 11, 19, 23] приводятся результаты анализа сложившегося туристско-рекреационного комплекса регионов Дальнего Востока и предложены наиболее рациональные направления его развития. В работах Л.В. Кима [5] приводятся результаты анализа туристско-рекреационного потенциала Приморского края в разрезе муниципальных образований. Отмечен высокий потенциал южных муниципалитетов (Хасанский, Партизанский и Надеждинский районы, города Владивосток, Артем, Находка).

Следует отметить, что эти исследования недостаточно полно учитывают влияние совокупности природно-ресурсных и социально-экономических факторов и условий на формирование туристско-рекреационного комплекса Приморского края. Под их воздействием, муниципальные образования могут объединяться в группы районов и городских округов, которые отличаются общими характеристиками и перспективами развития. Для Приморского края четко выделяются две группы муниципальных образований: 1) прибрежно-морские и 2) континентальные, в которых туристско-рекреационная деятельность имеет свои особенности. Например, в прибрежных муниципалитетах, среди при формировании направлений туристско-рекреационных видов деятельности, отмечается приоритетное значение прибрежно-морских курортных зон; в континентальных – охотниче–промышленные ресурсы Уссурийской тайги и культурные традиции коренных народов. Таким образом, выделение групп муниципальных образований позволит выявить региональные особенности в формировании всего туристско-рекреационного комплекса Приморского края.

В Приморском крае, как одном из приморских субъектов Дальневосточного федерального округа, с учётом специфики географического положения и основных факторов развития, выделяются две группы муниципальных образований, в виде двух меридиональных экономических (в т.ч. и туристско-рекреационных) зон, в разной степени тяготеющих к Японскому морю [4]:

1. Прибрежная зона – муниципальные образования Приморского края, непосредственно выходящие к Японскому морю, которые имеют протяженную береговую линию (Тернейский муниципальный район, Дальнегорский городской округ, Кавалеровский, Ольгинский, Лазовский, Партизанский районы, Находкинский городской округ, Шкотовский район, Большой Камень, Фокино, Артемовский и Владивостокский городские округа, Надеждинский и Хасанский районы). В экономике этих муниципальных образований представлены различные морехозяйствен-

ные структуры и функции: улов рыбы и добыча морепродуктов, судостроение и судоремонт, морской транспорт, логистика, морская рекреация и др. В составе морехозяйственных структур прибрежных районов выделяются также и туристско-рекреационные виды деятельности, тесно связанные с использование рекреационного потенциала побережья Приморского края. Крупные экономические и культурно-развлекательные центры, расположенные в прибрежной зоне (Владивосток, Находка, Артем) привлекают значительные массы туристов, как российских, так и зарубежных. Посещение порта Владивостока крупнейшими в мире круизными лайнераами, знакомство с его культурными и историческими достопримечательностями, входит в программу международных туристских маршрутов.

2. Континентальная зона – муниципальные образования Приморского края, чьи территории, непосредственно не выходят к Японскому морю, но существенно тяготеющие к нему экономически, в том числе и через транспортные коммуникации, выходящие к морскому побережью. В экономике континентальных муниципальных образований важную роль играют транспорт (Транссибирская железнодорожная магистраль и её ответвления, автомобильная магистраль «Владивосток-Хабаровск, магистральный нефтепровод Восточная Сибирь-Тихий океан, выходящие к морскому побережью, а также – пограничные переходы), добывающие и некоторые обрабатывающие производства, продукция которых в значительной степени через имеющуюся транспортную инфраструктуру и морской транспорт экспортируется в страны Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР). Туристско-рекреационная деятельность в континентальных районах представлена в основном внутренним туризмом. Сюда входит посещение туристскими группами природно-охраных объектов (заповедников, заказников, национальных парков), охотничья и спортивная деятельность (пешие и автомобильные туристические маршруты, сплавы по горным рекам и др.).

Результаты и обсуждение

Для определения субъектов с более эффективным функционированием туристско-рекреационной сферы по меридиональным туристско-рекреационным зонам («прибрежной» и «континентальной») можно предложить метод рейтинговой оценки эффективности производства туристских услуг.

Для рейтинговой оценки были использованы следующие базовые индикаторы, характеризующие социальную и экономическую ситуацию в туристической деятельности по «прибрежным» и «континентальным» туристско-рекреационным зонам Приморского края, по состоянию на 2019 г. [21]: число коллективных средств размещения (ед.); номерной фонд (ед.); число мест в коллективных средствах размещения (коек); численность обслуженных лиц коллективными средствами размещения (чел.); число санаторно-курортных организаций и организаций отдыха (ед.); номерной фонд санаторно-курортных организаций (ед.); наличие спортивных сооружений, ед.; численность обслуженных лиц в санаторно-курортных организациях (чел.); число детских оздоровительных лагерей (ед.).

Использованная формула для расчета рейтинга выглядит следующим образом [18, 11]:

$$\text{Рейтинг} = (\text{Текzn.} - \text{Минzn.}) \cdot 100 / (\text{Максzn.} - \text{Минzn.}),$$

где Текzn. – текущее значение показателя, Максzn. – максимальное значение показателя, Минzn – минимальное значение показателя.

Путем ранжирования показателей определялось место муниципального образования (городского округа или муниципального района) в частном рейтинге (по отдельным показателям туристско-рекреационной деятельности). Суммарные (интегрированные) рейтинги эффективности туристско-рекреационной деятельности получены как результат суммирования значений частных рейтингов по муниципальным образованиям Приморского края и по меридиональным зонам («прибрежной» и «континентальной») (табл. 2).

Суммарный рейтинг муниципалитетов «прибрежной» туристско-рекреационной зоны заметно превышает по всем показателям суммарный рейтинг муниципальных образований «континен-

тальной» зоны. Такая ситуация сложилась, в первую очередь, благодаря высоким значением индикаторов туристско-рекреационной деятельности во Владивостокском и Находкинском городских округах, а также в Хасанском и Партизанском муниципальных районах. В континентальной зоне достаточно высокий уровень развития туристско-рекреационной деятельности отмечается в Арсеньевском и Партизанском городских округах, а также в Ханкайском, Кировском, Спасском и Пожарский муниципальных районах. Например, в Кировском районе уже много лет функционирует крупный туристско-рекреационный центр на базе Шмаковского месторождения лечебных вод.

Таблица 2

Индикаторы развития муниципальных образований Приморского края по меридиональным туристско-рекреационным зонам в 2019 гг. (в баллах)

Муниципальные образования Приморского края	Число коллективных средств размещения, ед.	Номерной фонд средств размещения, ед.	Число мест средств размещения, коек.	Численность обслужженных в средствах размещения лиц, чел.	Число санаторно-курортных организаций, ед.	Номерной фонд санаторно-курортных организаций, ед.	Численность обслужженных лиц в санаторно-курортных организациях (чел.)	Наличие спортивных сооружений, ед.	Число детских оздоровительных лагерей, ед.	Суммарный рейтинг муниципального образования, всего
<i>Суммарный рейтинг «прибрежной» зоны</i>	236,6	201,7	220,4	137,3	309,0	331,6	204,2	205,5	241,0	2087,3
Артемовский городской округ	17,5	8,8	7,9	11,6	17,9	12,9	5,0	28,1	47,8	157,5 (6)
Большой Камень городской округ	8,8	11,4	14,6	1,6	3,6	14,5	2,8	8,0	0,0	65,3 (8)
Владивостокский городской округ	100,0	100,0	100,0	100,0	48,2	98,0	100,0	100,0	100,0	846,2 (1)
Дальнегорский городской округ	4,4	1,3	2,7	0,8	1,8	0,0	0,0	12,5	6,7	30,2 (16)
Находкинский городской округ	2,9	25,9	32,8	6,1	51,8	54,4	15,9	25,2	24,4	239,4 (3)
ЗАТО Фокино	4,4	1,5	1,9	1,1	7,1	2,8	4,2	1,2	7,8	32,0 (13)
Кавалеровский район	4,4	1,7	2,2	1,6	3,6	3,2	6,7	3,0	4,4	30,8 (14)
Лазовский район	4,4	1,6	2,6	0,3	5,4	1,9	0,7	2,2	2,2	21,3 (21)

Надеждинский район	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	7,8	15,5 (25)
Ольгинский район	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	2,2 (31)
Партизанский район	21,2	12,0	14,1	3,4	50,0	40,2	24,6	3,9	10,0	179,4 (5)
Тернейский район	2,9	0,4	0,2	0,6	0,0	0,0	0,0	2,5	4,4	11,0 (27)
Хасанский район	53,3	35,9	39,1	7,8	100,0	100,0	30,1	8,0	18,9	393,1 (2)
Шкотовский район	10,2	1,2	2,3	2,4	19,6	3,7	14,2	5,4	4,4	63,4 (9)
<i>Суммарный рейтинг «Континентальной» зоны</i>	<i>80,3</i>	<i>40,3</i>	<i>37,3</i>	<i>24,8</i>	<i>34,0</i>	<i>57,5</i>	<i>34,4</i>	<i>158,5</i>	<i>191,0</i>	658,1
Арсеньевский городской округ	6,6	3,2	3,1	2,2	0,0	0,0	0,0	8,4	17,8	41,3 (12)
Дальнереченский городской округ	2,9	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	3,0	1,1	7,6 (29)
Лесозаводский городской округ	2,9	0,6	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0	10,8	10,0	24,9 (19)
Партизанский городской округ	6,6	3,0	3,8	0,7	5,4	5,9	0,4	9,7	6,7	42,2 (11)
Спасск-Дальний городской округ	1,5	0,6	0,3	0,7	0,0	0,0	0,0	3,6	8,9	15,6 (24)
Уссурийский городской округ	36,5	16,8	14,4	14,4	7,1	5,3	4,3	56,1	38,9	193,8 (4)
Дальнереченский район	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,8	4,3 (30)
Кировский район	3,7	12,1	8,4	3,6	3,6	38,4	22,7	3,9	11,1	107,5 (7)
Красноармейский район	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	7,8	11,4 (26)
Михайловский район	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,9	8,9	19,8 (23)
Октябрьский район	2,9	0,2	0,2	0,2	3,6	0,0	0,0	10,9	10,0	28,0 (18)
Пограничный район	0,7	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,7	6,7	8,4 (28)
Пожарский район	2,2	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	9,1	8,9	20,7 (22)
Спасский район	2,9	0,2	1,4	0,8	0,0	0,0	0,0	6,1	16,7	28,1 (17)

Ханкайский район	5,8	2,3	3,1	0,2	10,7	7,9	7,0	5,9	7,8	50,7 (10)
Черниговский район	2,2	0,4	1,4	0,4	1,8	0,0	0,0	11,8	12,2	30,2 (15)
Чугуевский район	2,2	0,3	0,6	0,3	1,8	0,0	0,0	1,7	16,7	23,6 (20)

Примечание. (1) – место муниципального образования в рейтинге эффективности туристско-рекреационной деятельности Приморского края. Рассчитано по: [21].

По суммарному рейтингу уровня развития туристско-рекреационной деятельности, муниципальные образования Приморского края можно объединить в несколько групп:

1) «лидеры» (суммарный рейтинг выше 100 баллов) – Владивостокский (1 место в рейтинге), Находкинский (3 место), Артемовский (6 место) и Уссурийский (4 место) городские округа, а также Хасанский (2 место), Партизанский (5 место) и Кировский (7 место) муниципальные районы,

2) «средние» (суммарный рейтинг от 40 до 100 баллов) – Большой Камень (8 место), Партизанский (11 место) и Арсеньевский (12 место) городские округа; Шкотовский (9 место) и Ханкайский (10 место) муниципальные районы.

Следует отметить, что в эти две группы попали только 12 муниципальных образования Приморского края.

3) «аутсайдеры» (суммарный рейтинг выше менее 40 баллов) – сюда входят все оставшиеся муниципальные образования Приморского края.

Низкие места в рейтинге многих муниципальных образованиях меридиональных туристско-рекреационных зон Приморского края обусловлены отсутствием на их территории официально зарегистрированных коллективных средств размещения, а также санаторно-курортных организаций и организаций отдыха (например, в Спасском, Лесозаводском и Дальнереченском городских округах, а также в Михайловском, Октябрьском, Пограничном, Пожарском, Спасском, Черниговском, Чугуевском, Красноармейском, Дальнереченском, Надеждинском и Ольгинском муниципальных районах). При этом, важнейшей проблемой функционирования туристско-рекреационного комплекса Приморского края является слабое развития инфраструктуры, в первую очередь, гостиниц, санаторно-курортного хозяйства, дорожной сети и др.

Заключение

Уровень и темпы развития регионального туристско-рекреационного комплекса субъекта Дальневосточного федерального округа определяются сложившимися исторически особенностями формирования туристской деятельности в структуре его экономики, наличием рекреационного потенциала, выгодным экономико-географическим положением (в том числе, в быстро развивающемся Азиатско-Тихоокеанском регионе мира), достаточным уровнем развития туристской инфраструктуры (наличием средств размещения; санаторно-курортных организаций; транспортного обеспечения; медицинского обслуживания; и др.). В Приморском крае таким набором благоприятных факторов в большей степени обладают муниципальные образования, расположенные в «прибрежной» туристско-рекреационной зоне.

Развитие туристско-рекреационного комплекса, несмотря на наличие природных, культурных, исторических рекреационных ресурсов, в большинстве муниципальных образований Приморского края сдерживается из-за действия совокупности социально-экономических проблем: отсутствия коллективных средств размещения, санаторно-курортных организаций, пло-

хого состояния автомобильных дорог, низкого уровня медицинского обслуживания в удаленных от краевого центра районах.

Реализация государственных программ развития туристско-рекреационного комплекса Приморского края, формирование территорий опережающего развития (ТОР), Свободного порта Владивосток и др., предполагает предоставление резидентам налоговых льгот и преференций, что существенно облегчает решение задач по модернизации туристско-рекреационной деятельности в субъекте ДФО.

В первую очередь – необходимо решить проблему дефицита коллективных средств размещения высшего и среднего ценового уровня, создания инфраструктуры туризма в удаленных от краевого центра районах (строительство дорог, восстановление сети больниц и фельдшерско-акушерских пунктов), что позволит обеспечить работой, стабильными доходами местное население.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ и Национального научного фонда Болгарии – «Разработка пространственных структурно-функциональных моделей приморских туристской рекреационных систем Тихоокеанской России, Крыма и Болгарии», проект № 20-55-18010.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бакланов П.Я.* Контактные географические структуры и их функции в Северо-Восточной Азии / П. Я. Бакланов // Изв. РАН. Сер. географ. – 2000. – № 1. – С. 31–39.
2. *Бакланов П.Я.* Прибрежно-морское природопользование – как формирование и функционирование контактных географических структур / П. Я. Бакланов // Материалы международной конференции: Устойчивое природопользование в прибрежно-морских зонах. – Владивосток: Дальнаука, 2013. – С. 14–16.
3. *Бакланов П.Я.* Территории опережающего развития: понятия, структура, подходы к выделению // Региональные исследования. 2014. – № 3. – С. 12–19.
4. *Бакланов П.Я., Мошков А.В.* Пространственные различия и инерционность территориальных структур хозяйства в прибрежных и континентальных зонах (на примере Приморского края) // Вестник Дальневосточного отделения РАН. № 1. 2019. С. 66–74.
5. Ким Л.В. Оценка рекреационных зон Приморского края // Известия Иркутской государственной экономической академии, № 4. – 2007. – С. 51–55.
6. *Косолапов А.Б.* Теория и практика рекреационного природопользования / А.Б. Косолапов; М-во образования Рос. Федерации. Дальневост. гос. акад. экономики и упр. – Владивосток: ДВГАЭУ, 2001. 120 с.
7. *Мартишенко Н.С.* Туристский потенциал Приморского края и перспективы развития туристской индустрии на его территории // Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития. – 2011. – №1. С. 74–88.
8. *Минакир П.А.* Региональная экономическая политика: стратегия развития Дальневосточного региона. – Хабаровск, 2007. 200 с.
9. *Мирзеханова, З.Г.* Теоретические аспекты формирования кадастра туристических ресурсов / З. Г. Мирзеханова // Регионы нового освоения: стратегия развития: мат. междун. науч. конф. – Хабаровск, 2004. – С. 146.
10. *Мошков А.В.* Инфраструктурные зоны хозяйственного развития Дальневосточного федерального округа России // Тихоокеанская география. № 2. 2020. С.28–39.
11. *Мошков А.В.* Пространственные особенности формирования Дальневосточной туристско-рекреационной зоны России // Этносоциум и межнациональная культура, № 2 (152), 2021. С. 50–65.

12. Об утверждении государственной программы Приморского края «Развитие туризма в Приморском крае» на 2020-2027 годы. Электронный ресурс: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?doc_itself=&backlink=1&nd=179190982&page=1&rdk=0#I0. Обращение – 27.05.2021.
13. Охоткина, В.Э. Экологическая безопасность рекреации и туризма в Приморском крае: опыт социально-экологического зонирования прибрежно-морской зоны // География и природные ресурсы. – Иркутск: Инст. Географии им. В.Б. Сочавы, 2014. – № 4. – С 104–109.
14. Поярков, Б.В. Основы природопользования: Цели. Термины. Структура. История. Связи. Стратегическое управление / Б. В. Поярков, В.Б. Поярков, А. А. Зубишина. – Ярославль: ЯрГУ, 2010. 463 с.
15. Преловский, В.И. Бассейновый принцип формирования рекреационных систем Приморья / В. И. Преловский. – Владивосток: ДВО РАН, 1996. 149 с.
16. Преловский, В.И. О содержании понятия «экологический туризм» / В. И. Преловский // География природных ресурсов. – 2002. – № 1. – С. 204-30.
17. Романов М.Т. Территориальное устройство хозяйства и населения на российском Дальнем Востоке. Владивосток: Дальнаука, 2004. 232 с.
18. Россия регионов: в каком социальном пространстве мы живём? /Под ред. Н.В.Зубаревич. 2005. М., Поматур, 278 с.
19. Тихоокеанская Россия: страницы прошлого, настоящего, будущего / колл. авторов; отв. ред. академик РАН П.Я. Бакланов. – Владивосток: Дальнаука, 2012. 406 с.
20. Труд и занятость населения в Приморском крае: Сборник/ Владивосток: Приморскстат, 2020. 103 с.
21. Туризм и туристские ресурсы в Приморском крае: стат. сборник. Владивосток: Приморскстат, 2020. 70 с.
22. Урусов, В.М. Рекреационные ресурсы России и Дальнего Востока / В. М. Урусов, И. С. Майоров. – Владивосток: ВГУЭС, 2004. 244 с.
23. Современная Россия: географическое описание нашего Отечества. Дальний Восток. / Отв. редакторы В.М. Котляков, П.Я. Бакланов. – Москва: Паулсен, 2020. 464 с.

Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

Буковский М.Е., кандидат географических наук, доцент

Кузьмин К.А.

Семенова А.В.

Печагина Д.С.

(Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина)

DOI: 10.25633/ETN.2021.07.08

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ЗАПАДНЫХ РАЙОНОВ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСУРСАМИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА В ЛЕТНИЕ МЕСЯЦЫ

В статье представлены данные о ресурсах поверхностного стока в бассейне реки Воронеж в пределах территории Тамбовской области. Приведены карты модулей стока за летние месяцы, дана оценка объема стока с изученной территории за каждый из летних месяцев.

Ключевые слова: Поверхностный сток, модуль стока, водные ресурсы.

Bukovskiy M.E.

Kuzmin K.A.

Semenova A.V.

Pechagina D.S.

SUPPLY OF THE TAMBOV REGION WESTERN DISTRICTS WITH SURFACE RUNOFF RESOURCES IN SUMMER MONTHS

In this paper the data on surface runoff resources in the Voronezh River basin within the territory of the Tambov region are shown. The maps of runoff modules for the summer months are presented, and an estimate of the runoff volume from the studied territory for each of the summer months is given.

Keywords: surface runoff, runoff module, water resources.

Введение

Вода по праву считается одним из самых главных богатств Земли. Но водные ресурсы очень ограничены. Даже несмотря на то, что $\frac{3}{4}$ поверхности планеты заняты водой, большая ее часть занята Мировым океаном, средняя соленость которого составляет 35 %. Для нормальной жизнедеятельности человечества, как и многих других живых существ нужна пресная вода. Большая часть пресной воды сосредоточена на нашей планете в ледниках полярных и горных областей (около 85–90 %), а также в болотах. И только незначительная часть воды удобна для использования человеком [1].

Речной сток образуется в результате выпадения дождей или таяния снега, то есть в общем можно сказать то что он образуется в результате поступления в реки вод атмосферного происхождения. При этом часть от данной воды в первую очередь заполняют отрицательные формы микрорельеф, углублений, а также впитывается в почву, другая же часть этой влаги испаряется, однако пути поступления вод в реки могут быть различными [2].

В последнее столетие все больше ощущима антропогенная нагрузка на природные ландшафты, речные экосистемы и биосферу в целом. В настоящее время всестороннее изучение и мониторинг состояния водных ресурсов является важнейшей задачей экологии и природопользования. Ведь сейчас самой главной опасностью для пресных вод может оказаться прогнози-

руемое изменение климата, связанное с изменением количества атмосферных осадков и испарения. В дальнейшем итоге это может привести к проблемам в сельском хозяйстве, особенно в таком водоемном производстве, как орошаемое земледелие. В свою очередь, это также может отрицательно сказаться на качестве природных водных ресурсов.

Проблема маловодий на реке Дон является в настоящее время одной из самых актуальных проблем Центральной России. Поэтому оценка обеспеченности водными ресурсами крупных притоков Дона, таких как река Воронеж, в наиболее засушливый период года является актуальной задачей.

Материалы и методы

Объектом исследования выбран бассейн реки Воронеж. Воронеж- относится к средним рекам и протекает по территории нескольких областей: Липецкой, Тамбовской и Воронежской. Река является левым притоком реки Дона. Река Воронеж образуется при слиянии Лесного Воронежа и Польного Воронежа. В Тамбовской области пересекает Сосновский, Староюрьевский, Первомайский, Никифоровский, Мичуринский районы.

Для проведения исследования были использованы данные гидрологических постов Тамбовского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Была проведена оценка поверхностного стока с мая по сентябрь включительно в пределах бассейна реки Воронеж на территории Тамбовской области. На основе анализа данных гидрологических постов за последние 50 лет были построены карты-схемы модулей стока за каждый месяц с июня по август для бассейна реки Воронеж в пределах территории Тамбовской области.

Оценка объема стока с изученной территории была проведена с помощью карт-схем модулей среднемесячного месячного стока.

Результаты и обсуждение

Для оценки водообеспеченности территории Тамбовской области в бассейне реки Воронеж ресурсами поверхностного стока были построены карты-схемы модулей среднемесячного стока территории Тамбовской области в пределах бассейна реки Воронеж за летний период.

Результаты отражены на рисунках 1–3.

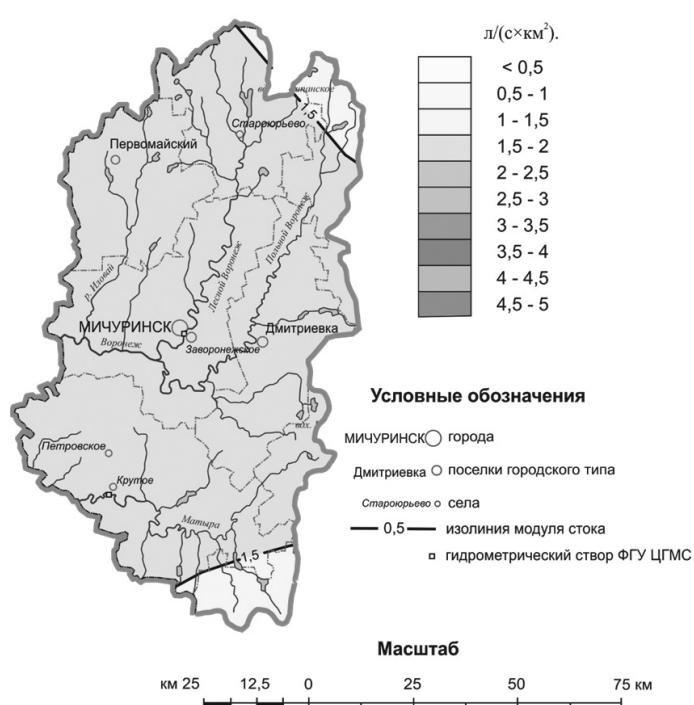


Рис. 1. Карта-схема модулей месячного (июнь) стока 50-ти процентной обеспеченности территории Тамбовской области в пределах бассейна реки Воронеж

На рисунке 4 изображено распределение изолиний за июнь. Большая часть бассейна расположена между изолиниями «1,5» с общей площадью 6 968 км². Изолиния 1,5 л/(с×км²) пересекает бассейн Воронежа в северо-восточной и юго-восточной части бассейна. Суммарная площадь участков бассейна севернее и южнее изолинии «1,5» составляет 973,5 км².

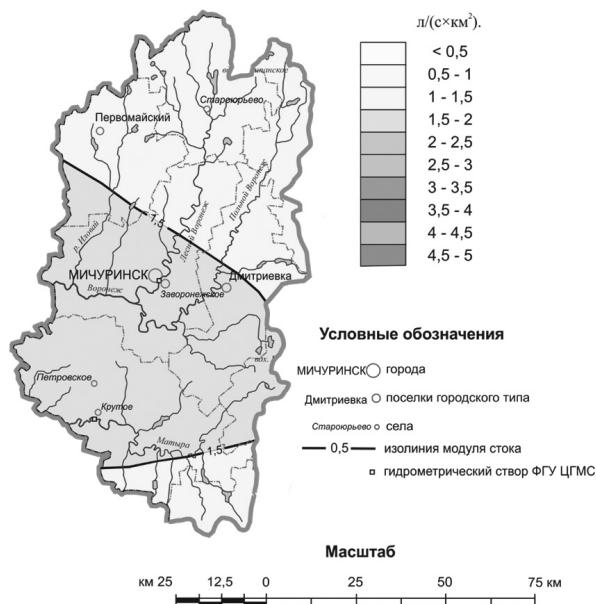


Рис. 2. Карта-схема модулей месячного (июль) стока 50-ти процентной обеспеченности территории Тамбовской области в пределах бассейна реки Воронеж

На рисунке 5 изображено распределение изолиний за июль. В сравнении с картой-схемой модулей стока за июнь, изолиния модуля стока в июле смещается ближе к центру бассейна и площадь севернее и южнее изолинии «1,5» составляет 4537 км². Территория бассейна реки Воронеж, расположенная между изолиниями «1,5», имеет общую площадь 3482 км².

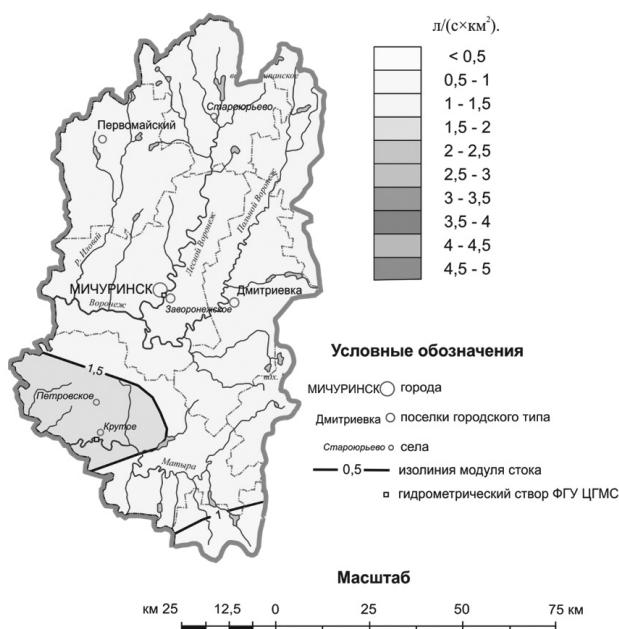


Рис. 3. Карта-схема модулей месячного (август) стока 50-ти процентной обеспеченности территории Тамбовской области в пределах бассейна реки Воронеж

При сравнении распределения модулей стока по территории бассейна реки Воронеж, можно заметить, что на рисунке 6 происходит постепенное смещение изолинии модуля стока со значением «1,5» в юго-западном направлении. Общая площадь бассейна между изолиниями «1,5» и «1,0» составляет 7064 км^2 . При этом, большая часть территории составляет бассейн Воронежа с площадью 5655 км^2 . Западнее изолинии «1,5» расположен исключительно бассейн Матыры с общей площадью 417 км^2 . И лишь на юге бассейна проходит изолиния модуля стока со значением $1,0 \text{ л}/(\text{с} \times \text{км}^2)$.

Выводы

Воронеж – средняя река, протекающая по территории трёх областей и имеющая общую длину в 338 км . Из них 33 км (от слияния Лесного и Польного Воронежа) по территории Тамбовской области. В пределах области бассейн реки составляет $8\,443 \text{ км}^2$.

В ходе работы построены карта-схемы распределения среднемесячных модулей стока по территории бассейна реки Воронеж с июня по август. Исходя из данных карт можно наглядно проследить за распределением модулей стока по территории бассейна. В период с июня по август распределение изолиний модуля стока значительно изменяется и можно наблюдать смещение изолинии со значением $1,5$ в юго-западном направлении. Тем самым можно судить об уменьшении объема поверхностного стока с территории за летние месяцы.

Таким образом, в ходе работы был рассчитан поверхностный сток со всей территории бассейна реки Воронеж в пределах Тамбовской области за летние месяцы. Было выявлено, с изученной территории поверхностный сток составляет за июнь и июль соответственно $0,036 \text{ км}^3$ и $0,033 \text{ км}^3$. В августе объем поверхностного стока минимален и составляет $0,028 \text{ км}^3$.

Исследование выполнено при поддержке Русского географического общества в рамках научного проекта № 05/2020-P.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов В.Н. Гидрология: учебник для вузов / В.Н. Михайлов, А.Д. Добровольский, С.А. Добролюбов. – 2-е, 3-е изд., стер. – Москва: Высш. шк., 2007, 2008. – 463 с.
2. Евстигнеев, В.М. Речной сток. Методические основы современной практики гидрологических расчетов / В.М. Евстигнеев, Д. В. Магрицкий. — М.: Триумф, 2016.

Океанология

Мискевич И.В., доктор географических наук, ведущий научный сотрудник

Лещев А.В., научный сотрудник

Мосеев Д.С., научный сотрудник

(Северо-Западное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук)

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭКОСИСТЕМЫ ДЕЛЬТЫ РЕКИ СЕВЕРНАЯ ДВИНА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Рассмотрены результаты гидролого-гидрохимических исследований протоки Маймакса около п. Лапоминка в дельте р. Северной Двины в зимний период (в марте 2021 г.). Выявлено наличие здесь устойчивой 2-х слойной стратификации устьевых вод с соленостью 1,3-2,2 ‰ на поверхности и 10,4-20,1 ‰ и на придонном горизонте. В поверхностных водах наблюдался значительный дефицит кислорода (39-46 %). Содержание взвесей было повышенным (2,0-3,8 мг/дм³) по сравнению с вышеупомянутыми участками устьевой области реки Северная Двина.

Ключевые слова: Белое море, Северная Двина, дельта, протока Маймакса, зима, гидрология, гидрохимия, гидробиология, стратификация, маргинальный фильтр.

Miskevich I.V.

Leshchev A.V.

Moseev D.S.

BIOGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE ECOSYSTEM OF THE NORTHERN DVINA RIVER DELTA IN WINTER

The results of hydrological and hydrochemical studies of the Maimaxsa channel near Lapominka in the delta of the Northern Dvina River in winter (in March 2021) are considered. The presence of a stable 2-layer stratification of estuarine waters with a salinity of 1,3–2,2 ‰ on the surface and 10,4–20,1 ‰ on the bottom horizon is revealed. In surface waters, there is a significant lack of oxygen (39–46 %). The suspended matter content was increased (2.0–3.8 mg/dm³) compared to the upstream areas of the Severnaya Dvina River estuary.

Keywords: White Sea, Northern Dvina, delta, Maimaksa channel, winter, hydrology, hydrochemistry, hydrobiology, stratification, marginal filter.

Характеристики устьев больших рек европейского Севера России в зимний период при наличии ледового покрова до настоящего времени слабо изучены, что связано со сложным и часто опасным характером проведения полевых работ в данный сезон года. Изучение подобных характеристик весьма актуально и для устьевой области р. Северной Двины, особенно её дельты в зоне смешения речных и морских вод за пределами г. Архангельска. Для решения данной проблемы Северо-Западное отделение Института океанологии РАН (СЗО ИО РАН) начало проводить в зимние сезоны серийные (полусуточные, суточные и более длительные) наблюдения на рейдовых станциях на рассматриваемом водном объекте. Его общая протяженность, без учета устьевого взморья в южной части Двинского залива Белого моря, составляет 135 км [1]. В 2014–2018 годах были выполнены наблюдения на устьевом участке реки от с. Усть-Пинега до вершины её дельты [2]. В 2019 и 2021 годах начаты исследования на акваториях дельты. В настоящей статье основное внимание уделено на-

блодениям, проведенным в марте 2021 г. в дельтовой протоке Маймакса около поселка Лапоминка, на удалении 6 км от морского края дельты Северной Двины.

Наблюдения проводились 23–26 марта 2021 г. на рейдовой станции с координатами: 64°46'36.4» северной широты, 40°26'36.2» восточной долготы. Толщина льда здесь составила 72 см. Приливные трещины были выражены очень слабо. Посередине протоки располагался поддерживающий ледоколом судоходный ход с битым льдом.

Величина прилива в период проведения наблюдений колебалась в интервале 0,5–0,6 метра и, одновременно отмечался небольшой ветровой нагон высотой 0,2–0,3 метра. Температура воды на поверхностном горизонте изменялась в интервале минус 0,1- плюс 1,7 °C, на придонном горизонте (на глубине 6–7 м) – в интервале минус 0,4–0,8°C.

На исследуемом участке протоки Маймакса наблюдалась 2-х слойная стратификация устьевых вод с наличием сильно распресненного верхнего слоя (1,3–2,2 %) и осолоненного нижнего придонного слоя (10,4–20,1 %). Приливная изменчивость солености на поверхностном горизонте и на придонном горизонтах была выражена сравнительно слабо и имела разнородный характер (табл. 1).

Содержание взвеси на исследуемом участке было сравнительно низким, но оно было заметно повышенным по сравнению с её концентрациями на вышерасположенных участках дельты Северной Двины на устьевом участке реки в целом [3-4].

Таблица 1

Результаты полусуточной серии наблюдений за соленость, содержанием взвеси, величиной рН и кислородом на рейдовой станции в протоке Маймакса 24.03.2021 г.

Номер серии	Время	Горизонт, м	S, %	Взвеси, мг/дм ³	рН	Кислород	
						мг/дм ³	%
I	9	1,0	2,0	2,8	7,86	6,20	44,4
		6,8	12,4	3,7	7,96	10,21	72,0
II	11	1,0	1,5	2,0	7,91	6,08	45,2
		6,2	13,8	3,7	7,97	10,52	76,5
III	13	1,0	1,3	2,7	7,91	5,82	43,3
		6,2	16,0	3,7	8,00	11,41	84,4
IV	15	1,05	1,3	2,8	7,92	6,03	46,4
		6,2	16,1	3,7	7,86	11,31	85,1
V	17	1,05	1,6	3,3	7,79	5,81	42,9
		6,2	14,7	3,1	7,81	11,03	81,0
VI	19	1,05	2,2	3,1	7,85	6,06	43,1
		6,8	13,7	3,8	7,93	10,69	75,4
VI	21	1,0	1,9	3,5	7,88	5,59	39,4
		6,8	13,1	3,7	7,95	10,41	72,3

В период проведения наблюдения в протоке Маймакса около д. Лапоминка в поверхностном слое воды зафиксирован значительный дефицит кислорода. Это явление типично для устья р. Северной Двины в конце зимней межени [5–6]. Его концентрации здесь изменялись в диапазоне 5,6–6,2 мг/л при кислородонасыщении 39,4–46,4 %. В придонных более соленых водах со-

держание кислорода было заметно выше – 10,2–11,4 мг/л при 72,0–85,1 % кислородонасыщения. В другие сезоны подобное различие не наблюдается [5,7].

Суточный ход в короткопериодной изменчивости кислорода прослеживался очень слабо, но в придонном слое в колебаниях кислородонасыщения хорошо отмечалось влияние приливной волны. Такие условия заметно отличаются от характеристик, наблюдавшихся в протоке Маймакса выше по течению в районе порта Экономия. Здесь в конце марта в поверхностных слоях воды фиксируется хорошо заметный суточный ход кислородонасыщения, наибольшие значения которого могут достигать 52–58 %, и его изменения имеют обратную корреляцию с колебаниями концентраций нитратного азота. Это можно связать с активной деятельностью ледокольного флота на акватории порта в зимний период, влекущей за собой образование незамерзающих разводий и промоин в ледовом покрове.

Таблица 2

Результаты полусуточной серии наблюдений за содержанием биогенных веществ на рейдовой станции в протоке Маймакса 24.03.2021 г.

Номер серии	Горизонт, м	Кремний, мкг/дм ³	Фосфор фосфат., мкг/дм ³	Фосфор общий, мкг/дм ³	Азот нитрит., мкг/дм ³	Азот нитрат., мкг/дм ³	Азот общий, мкг/дм ³
I	1,0	6529,6	23,5	39,9	6,4	381,3	2295
	6,8	3618,2	18,6	43,4	3,4	254,9	2180
II	1,0	5249,8	20,1	-	2,2	286,6	-
	6,2	3226,3	16,5	-	2,6	203,7	-
III	1,0	5576,3	11,9	-	2,6	300,2	-
	6,2	2690,8	14,9	-	2,3	189,5	-
IV	1,05	5537,1	20,1	23,4	2,6	313,0	2258
	6,2	3004,3	17,1	26,2	2,2	162,9	2378
V	1,05	5132,3	17,1	-	3,6	299,0	-
	6,2	2860,6	15,5	-	1,9	185,2	-
VI	1,05	5145,3	20,7	-	5,7	330,2	-
	6,8	3121,8	15,5	-	2,4	204,3	-
VI	1,0	5328,2	24,1	-	6,5	332,5	-
	6,8	3069,6	17,1	-	2,6	167,9	-

Исследуемые воды имели щелочные свойства, и наблюдавшиеся на рейдовой станции величины pH колебались в интервале 7,86–8,00. Эти значения близки к величинам, фиксируемым в летнюю межень [5]. Необходимо заметить, что для вод дельты р. Северной Двины весной и в период осеннего дождевого паводка более характерны нейтральные или даже слабокислотные свойства.

Содержание минеральных солей азота и фосфора было сравнительно высоким, что характерно для дельты р. Северной Двины в зимнюю межень. На поверхностном горизонте в их изменчивости отмечалось наличие суточного хода, но он был выражен очень слабо. В колебаниях их концентраций в придонных водах какой-либо четкой закономерности не прослеживалось.

Содержание кремния в водах Маймаксы было высоким (2691–6530 мкг/л). При этом наблюдалась заметная разница между их поверхностными и придонными концентрациями.

Таким образом, в дельте р. Северной Двины пространственная структура маргинального фильтра [8] зимой значительно отличается от картины, фиксируемой в весенний и летне-осенний периоды [9]. Границы между различными зонами такого фильтра в зимнюю межень устанавливаются не вдоль устьевого водотока, а в его вертикальном измерении. При этом они зависят от перепада глубин, формирующих существование устойчивой плотностной стратификации в зоне смешения речных и морских вод. Получаем, что при однотипном распределении биогеохимических зон маргинального фильтра по солености в устье р. Северной Двины в различные сезоны, в зимнюю межень его пространственная структура заметно искажается. Это, в первую очередь, сказывается на уменьшении размеров химической «пробки».

В наблюдаемой ситуации также должна формироваться специфическая пространственная картина распределения в дельте Северной Двины ихтиофауны, где, в частности, концентрируются зимовальные концентрации северодвинского сига [10]. На одном и том же участке здесь в поверхностном слое воды могут наблюдаться скопления пресноводных рыб (ерш, окунь, щука, плотва, язь), в слое скачка плотности – полупроходных рыб (сиг, корюшка), в придонном слое – морских рыб (навага, камбаловые, сельдь).

Седиментационные процессы зимой должны получать наибольшее развитие вдоль берегов дельтовых проток в виде протяженных полос небольшой ширины на глубинах 2–3 метра. Это будет наблюдаться в зоне контакта слоя скачка плотности дельтовых вод с рельефом подводных береговых склонов дельтовых проток. На пике весеннего паводка такие наносы должны размываться, и физико-химических состав донных отложений дельтовых проток в пространственном разрешении к началу летней межени начинает соответствовать классической модели маргинального фильтра.

Исследования проведены в ходе выполнения государственного задания по теме «Современные и древние донные осадки и взвесь Мирового океана – геологическая летопись изменений среды и климата: рассеянное осадочное вещество и донные осадки морей России, Атлантического, Тихого и Северного Ледовитого океанов – литологические, геохимические и микропалеонтологические исследования; изучение загрязнений, палеообстановок и процессов в маргинальных фильтрах рек» № 0128-2021-0006.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрология устьевой области Северной Двины. М.: Гидрометеоиздат, 1965. 376 с.
2. Лещев А.В., Мискевич И.В., Коробов В.Б., Лохов А.С., Чульцова А.Л., Хоменко Г.Д., Белоруков С.К., Яковлев А.Е. Пространственные особенности приливной изменчивости гидролого-гидрохимических характеристик устьевой области реки Северная Двина // Океанология. 2017. Т. 57, № 2. С. 303–310.
3. Мискевич И.В., Лещев А.В. Оценка содержания взвешенных веществ на устьевом участке реки Северная Двина в зимний период // Труды Архангельского центра Русского географического общества. Вып. 4. Архангельск, 2016. С. 293–298.
4. Мискевич И.В., Лещев А.В. Статистическая характеристика содержания взвешенных веществ в водах дельты реки Северная Двина // Естественные и технические науки. № 8(122). 2018. С.102–108.
5. Кузнецов В.С, Мискевич И.В., Зайцева Г.Б. Гидрохимическая характеристика крупных рек бассейна Северной Двины. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 195 с.
6. Шевченко В.П., Коробов В.Б. Экологическая ситуация в дельте реки Северная Двина в марте 2005 года // Вестник Архангельского государственного технического университета. Серия «Прикладная геоэкология». Вып. 66. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2006. С. 176–187.

7. Котова Е.И., Коробов В.Б., Шевченко В.П., Иглин С.М. Экологическая ситуация в устьевой области реки Северной Двины (Белое море) // Успехи современного естествознания. 2020. № 5. С. 121–129.
8. Лисицын А.П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. 1994. Т. 34. № 5. С. 735–747.
9. Шевченко В.П., Филиппов А.С., Новигатский А.Н., Гордеев В.В., Горюнова Н.В., Демина Л.Л. Рассеянное осадочное вещество пресноводных и морских льдов // Система Белого моря. Т. II. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера. М.: Научный мир, 2012. С. 169–200.
10. Новоселов А.П. Размерно-возрастной состав, питание и распределение сига *Coregonus lavaretus* в период летнего нагула в дельте реки Северной Двины и приустьевом взморье// Вопросы ихтиологии. Т. 40. № 2. 2000. С. 212–218.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Машиностроение и машиноведение

Технология и оборудование механической и физико-технической обработки

**Лутянов А.В., кандидат технических
наук, доцент**

Шилейко А.А.

**(МИРЭА – Российский технологический
университет)**

Савин А.Н.

**(ЗАО Производственная Компания
«СтанкоПресс», г. Москва)**

СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

В работе установлено, как использование базовых положений основ технологии машиностроения и теоретических основ “импульсной” теории резания позволяет решать задачи создания новых эффективных технологий при изготовлении ответственных деталей машин, приборов и аппаратов. Показано, что решение задач изменения температур имеет значительный практический интерес при изучении технологий резания.

Ключевые слова: *точение, фрезерование, импульсная теория резания, точность обработки, эффективность.*

Lutyanov A.V.

Shileiko A.A.

Savin A.N.

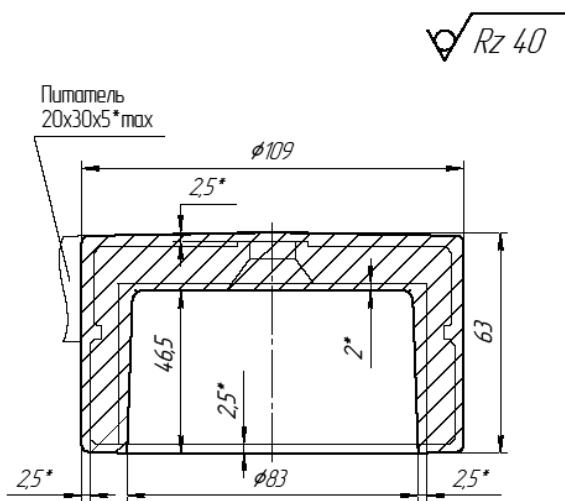
MODERN TECHNOLOGY OF MECHANICAL PROCESSING OF CYLINDRICAL PARTS MADE OF ALLOY STEELS ON CNC MACHINES

The paper shows how the use of the basic provisions of the fundamentals of mechanical engineering technology and the theoretical foundations of the “pulse « theory of cutting allows us to solve the problems of creating new effective technologies in the manufacture of critical parts of machines, devices and apparatuses. It is shown that the solution of temperature change problems has a significant practical interest in the study of cutting technologies.

Keywords: *turning, milling, pulse cutting theory, processing accuracy, efficiency.*

В настоящее время технология обработки материалов из легированных литейных сплавов весьма трудоемка и содержит в основном токарные и фрезерные операции. Использование современного токарно-фрезерного станка с ЧПУ не позволяет значительно снизить трудоемкость операций, так как необходимо обработать рабочие поверхности детали с высокой точностью.

Например, трудоемкость изделия «клапан» составляет 25 минут, так как обрабатываемый материал высокопрочный, а припуска достаточно большие (рисунок 1).



- 1 * Размер для справок.
- 2 Отливка 2-й группы ГОСТ 977-88.
- 3 Точность отливки 7-0-0-7т ГОСТ Р 53464-2009.
- 4 Неуказанные литьевые радиусы 1,2 мм.
- 5 Литьевые уклоны 2° в сторону увеличения размеров.
- 6 Остальные технические требования по РДТ 2540-8

Рис. 1. Заготовка детали «клапан»

Базовый технологический процесс (таблица 1) состоит из 6 операций.

Таблица 1

Базовый технологический процесс.

Операция 1: Токарная с ЧПУ	Операция 2: Токарная с ЧПУ	Операция 3: Токарная с ЧПУ	Операция 4: Токарная с ЧПУ	Операция 5: Вертикально- сверлильная	Операция 6: Вертикально- сверлильная
To=5,34 мин.	To=4,53 мин.	To=0,22 мин.	To=3,67 мин.	To=1,2 мин.	To=0,88 мин.

Итого: To=15,84 мин.

Анализ конструкции детали и базового технологического процесса показывает, что точность основных рабочих поверхностей определяется отклонением от круглости $\delta_h \leq 0.01\text{мм} = 10\text{мкм}$ и при вращении заготовки образуется эксцентрикситет, равный половине некруглости базовой поверхности плюс погрешности приспособления и биения шпинделя станка.

Для создания более эффективной технологии механической обработки поверхностей вращения клапана воспользуемся схемой срезания слоев припуска [1]. Для расчета среднего значения силы резания используем уравнение [2,3]:

$$F_{R.S.} = 1,7 \cdot \sigma_R \cdot S \cdot \left[1 + \frac{\cos(\omega \cdot \tau_s) - 1}{\omega \cdot \tau_s} \right] + S \cdot p_M \cdot V_R^2 \quad (1)$$

где S – максимальная площадь сечения стружки, удаляемой одной режущей кромкой, мм;
 m – фактическое значение сечения стружки, зависящее от движения подачи, мм; t – припуск, мм; $sR=s_b(1+1,35Y)$ – разрушающее напряжение, МПа; s_b –предел прочности, МПа; Y – коэффициент утонения. Мгновенное значение импульса силы [5]:

$$FR.\max. = 3.4 * \sigma R * S; S=t^* m; \quad (2)$$

где t – фактическое значение сечения стружки, зависящее от движения подачи, t – припуск, мм.

Поскольку установившийся износ связан с температурой на контакте режущей части инструмента и срезаемого материала, то пользуясь дифференциальным уравнением теплопроводности и дифференциальной зависимостью энергии одного импульса разрушения [2], получим зависимость для расчета значения этой температуры:

$$T_k = \frac{0,8 \cdot \sigma_R \cdot S_{n.k.} \cdot \delta \ell_u \cdot t \cdot K_M \sum_{i=1}^{N_1} \left(\frac{1}{\sqrt{i}} \right)}{\sqrt{\pi} \cdot c_u p_u \cdot \delta \ell_u \cdot t \cdot \sqrt{\frac{e_x}{V}} \cdot \ell \frac{H^2}{4 \omega_f \tau_x}} \quad (3)$$

где $K_M = \frac{\sqrt{\lambda_u c_u p_u}}{\sqrt{\lambda_u c_u p_u} + \sqrt{\lambda_i c_i p_i}}$ – коэффициент пропорциональности теплоизоляции

Ша Рона [9].

Четыре токарные операции были заменены одной фрезерной с двумя установками (рисунок 2). Поверхности вращения обрабатывались концевой фрезой [3,4], движущейся по Архimedовой спирали с круговой подачей $S_{kp.} = 4200 \text{мм/мин} = 70 \text{мм/сек.}$

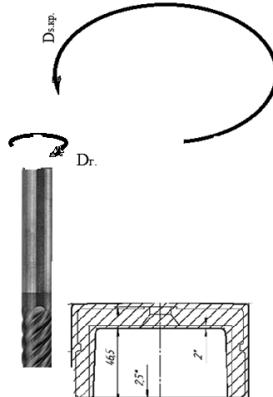


Рис. 2. Схема обработки клапана

Использование схемы фрезерования цилиндрическими концевыми фрезами с круговой подачей детали клапан позволило разработать эффективную технологию обработки и повысить производительность технологического процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лутъянов А.В. Показатели качества приспособлений с аэростатическими опорами для обработки корпусных деталей / Лутъянов А.В. // Технические науки от теории к практике: материалы XII международной науч.-практ. конф. 23 сентября 2016 г., Санкт-Петербург. – С. – П. : Научный журнал «Globus», 2016. – С. 38–41.
2. Лутъянов А.В. Математическая модель образования погрешностей при растачивании корпусных деталей в приспособлениях / Лутъянов А. В. // Актуальные вопросы науки и тех-

- ники: материалы международной науч.-практ. конф. 11 апреля 2016 г., г. Самара, 2016. – С. 41–43.
3. Зубарев, Ю.М. Методы получения заготовок в машиностроении и расчет припусков на их обработку [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2016. – 256 с.
 4. Воронцов А.Л., Албагачиев А.Ю., Султан-заде Н.М. Теоретические основы обработки металлов в машиностроении: монография / А.Л. Воронцов, А.Ю. Албагачиев, Н.М. Султан-заде. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 552 с.
 5. Комаров В.А., Зуев В.Ф., Боровик Т.Н., Новая технология механическая обработка поверхностей отводов и разрезных тройников для их подготовки к последующей сварке, Журнал «Компетентность». – 2019. – № 3. – С. 49–53 л.

Энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение

Тепловые двигатели

Гоева В.В., доцент

Грунин К.Е., соискатель

(Нижегородский государственный инженерно-экономический университет)

УДК 621.43

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДВС В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ СЖАТИЯ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ И ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Анализируется зависимость долговечности и износостойкости деталей от форсирования и технических возможностей производства ДВС. Развитие двигателестроения характеризует форсирование ДВС. Погрешности включают зазор и соответствие микро и макрогоеометрии трущихся поверхностей деталей своим оптимальным, приработанным параметрам. Для обеспечения работоспособности, сохранения и улучшения долговечности и износостойкости деталей при форсировании погрешности уменьшаются.

Ведётся расчёт коэффициента пропорциональности и теоретической погрешности проектирования и производства ДВС для двигателей ГАЗ и ЗМЗ.

С модернизацией производства и уменьшением погрешностей, техническая характеристика и двигатель и машины улучшается. Приводится связь двигателя с автомобилем.

Выведены зависимости погрешностей проектирования и производства и интенсивности износа деталей кривошипно-шатунного механизма и цилиндрородионевой группы от форсирования ДВС.

Определено, что с повышением степени сжатия и частоты вращения коленчатого вала интенсивность износа уменьшается быстрее погрешностей.

Ключевые слова: погрешности проектирования и производства, интенсивность износа, степень сжатия, частота вращения коленчатого вала.

Goeva V.V.

Grunin K.E.

PREDICTION OF THE THEORETICAL ERROR IN THE DESIGN OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE, DEPENDING ON THE COMPRESSION RATIO IN THE COMBUSTION CHAMBER AND THE SPEED OF ROTATION OF THE CRANKSHAFT

The dependence of the durability and wear resistance of parts on the forcing and technical capabilities of the production of internal combustion engines is analyzed. The development of engine building characterizes the forcing of the internal combustion engine. Errors include the gap and the correspondence of the micro and macrogeometry of the rubbing surfaces of the parts to their optimal, run-in parameters. To ensure operability, maintain and improve the durability and wear resistance of parts, errors are reduced during forcing.

The calculation of the proportionality coefficient and the theoretical error in the design and production of internal combustion engines for GAZ and ZMZ engines is carried out.

With the modernization of production and the reduction of errors, the technical characteristics of both the engine and the machine are improved. The connection between the engine and the car is given.

The dependences of the design and production errors and the wear rate of the parts of the crank mechanism and the cylinder-piston group on the forcing of the internal combustion engine are derived.

It is determined that with an increase in the compression ratio and the speed of rotation of the crankshaft, the wear intensity decreases faster than the errors.

Keywords: design and production errors, wear rate, compression ratio, crankshaft rotation speed.

Введение

Целью исследования является оценка долговечности и износостойкости деталей от технических возможностей двигателестроения, обусловливаемых погрешностями проектирования и производства и уровнем форсирования ДВС. Взаимосвязь форсирования, производства и надежности анализируется по динамике развития ДВС автомобилей [1], эмпирических [2, 3] и прогнозируемых [4] данных долговечности и износостойкости кривошипно-шатунного механизма и цилиндрапоршневой группы.

Развитие двигателестроения характеризует форсирование ДВС – степень сжатия ε и частота вращения коленчатого вала на режиме максимального крутящего момента n_M , погрешности проектирования и производства Π . Погрешности включают зазор и соответствие микро и макрогеометрии труящихся поверхностей деталей своим оптимальным, приработанным параметрам. Для обеспечения работоспособности, сохранения и улучшения долговечности и износостойкости деталей при форсировании погрешности уменьшаются. Теоретическая погрешность проектирования и производства определится:

$$\Pi_T = \frac{K_\Pi}{\varepsilon n_M},$$

где K_Π – коэффициент пропорциональности.

Результаты анализа

Используя технические характеристики двигателей, эмпирические данные погрешностей проектирования и производства Π_ϑ , рассчитываем коэффициент пропорциональности $K_\Pi = \Pi_\vartheta \varepsilon n_M$; теоретическую погрешность проектирования и производства Π_T (таблица 1).

Таблица 1

Прогнозирование предельного износа и ресурса деталей двигателей

Показатель	ГАЗ-51	ГАЗ-69	ЗМЗ-21	ЗМЗ-53	ЗМЗ-24	ЗМЗ-402	ЗМЗ-406	Ср. знач.
Год пр-ва	1945	1947	1960	1963	1970	1982	1996	
ε	6,2	6,7	7,15	7,6	8,2	8,2	9	
n_M , мин ⁻¹	1500	2000	2100	2200	2400	2600	4000	
Коренные шейки коленчатого вала								
Π_ϑ , мкм	20	45,7	55	32	28,8	12,5	18,8	
K_Π	$19 \cdot 10^4$	$61 \cdot 10^4$	$83 \cdot 10^4$	$54 \cdot 10^4$	$57 \cdot 10^4$	$27 \cdot 10^4$	$68 \cdot 10^4$	$52 \cdot 10^4$
Π_T , мкм	56	39	35	31	26	24	14	
Шатунные шейки коленчатого вала								
Π_ϑ , мкм	46,7	46,7	0	21,7	7,25	3,33	5	
K_Π	$43 \cdot 10^4$	$63 \cdot 10^4$	0	$36 \cdot 10^4$	$14 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^4$	$18 \cdot 10^4$	$26 \cdot 10^4$
Π_T , мкм	28	19	17	16	13	12	7	

Цилиндры								
P_3 , мкм	55	60	42	80	58	64	67	
K_P	$51 \cdot 10^4$	$80 \cdot 10^4$	$63 \cdot 10^4$	$133 \cdot 10^4$	$114 \cdot 10^4$	$136 \cdot 10^4$	$241 \cdot 10^4$	$117 \cdot 10^4$
P_T , мкм	126	87	78	70	59	55	33	
Тепловой зазор в замке первого компрессионного кольца								
P_3 , мм		0,25	0,06	0,15	0,11	0,05	0,04	
K_P		3350	901	2508	2164	1066	1440	1905
P_T , мм		0,14	0,127	0,11	0,10	0,09	0,05	

Считаем, что для исследования аналитического типа получено высокое соответствие теоретических и эмпирических, эксплуатационных данных.

Погрешности проектирования и производства трущихся поверхностей деталей отражают свойства трибосопряжений, непосредственно влияя на их долговечность и износостойкость. Кроме этого, влияние погрешностей на изнашивание выражается через технические возможности двигателя и машины. С модернизацией производства и уменьшением погрешностей, техническая характеристика и двигателя и машины улучшается. Пример связи двигателя и автомобиля приводится в таблице 2.

Таблица 2

Величины, характеризующие связь двигателя с автомобилем

	Модель автомобиля		
	ГАЗ -51А	ГАЗ-53А	ГАЗ-66
Тип двигателя	P-6	V-8	V-8
Ход поршня, мм	110	80	80
Радиус качения колеса, мм	440	463	507
Передаточное отношение заднего моста	6,67	6,83	6,83
Число оборотов колеса на 1 км пути	362	344	314
Число оборотов двигателя на 1 км пути	2415	2350	2145
Путь поршня на 1 км пути автомобиля на прямой передаче, м	531	376	343
Мощность на 1 т полной массы автомобиля, кВт/ч	9,9	11,7	15,4

Форсирование и повышение мощности двигателя, увеличивает энерговооруженность и передаточное отношение трансмиссии автомобиля, уменьшает вероятность езды на пониженных передачах, уменьшает путь трения деталей двигателя на 1 км пути, что увеличивает долговечность и износостойкость.

На основании данных прогнозируемого предельного износа $I_{2T} = \frac{K_u}{\varepsilon n_M}$ и ресурса $\tau_{2T} = K_\tau \varepsilon n_M$ деталей [4] определим интенсивность износа:

$$u_T = \frac{I_{2T}}{\tau_{2T}} = \frac{K_u}{\varepsilon^2 n_M^2},$$

где $K_u = K_i / K_\tau$ – коэффициент пропорциональности.

На рис. 1, 2 представлены зависимости погрешностей проектирования и производства и интенсивности износа деталей кривошипно-шатунного механизма и цилиндропоршневой группы от форсирования ДВС.

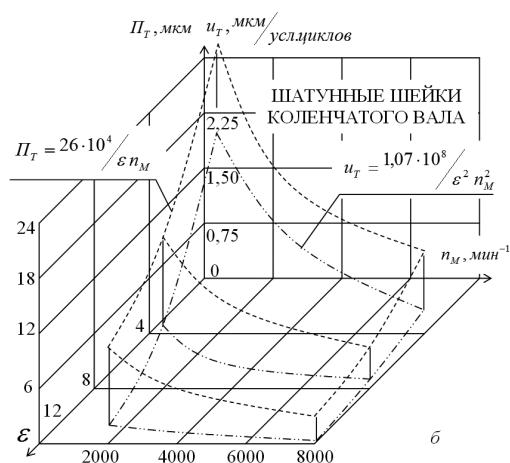
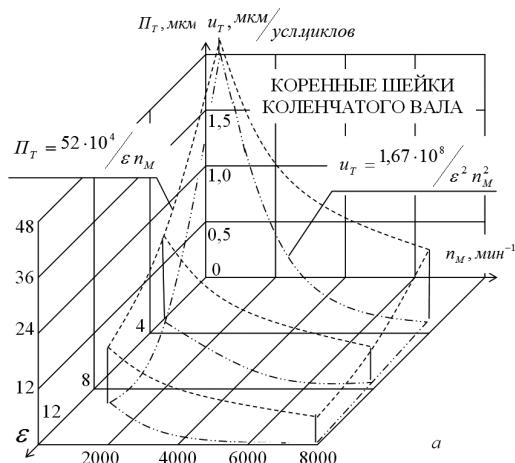
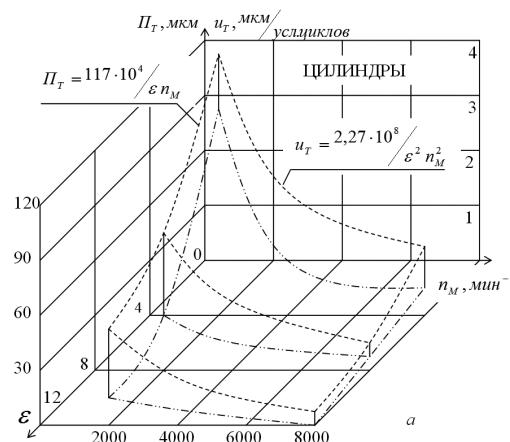


Рис. 1. Зависимость погрешностей проектирования и производства и интенсивности износа коренных *a* и шатунных *b* шеек коленчатого вала



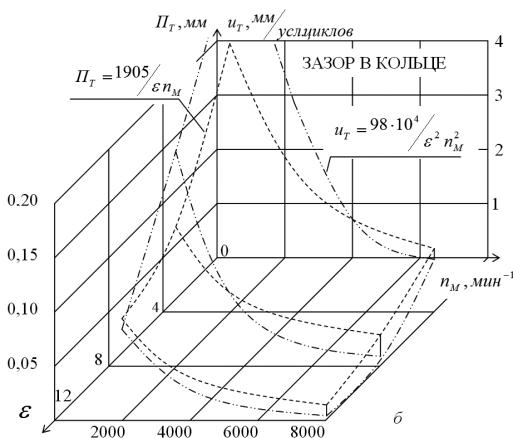


Рис. 2. Зависимость погрешностей проектирования и производства и интенсивности износа цилиндров *a* и поршневых колец *б*

Выводы

С повышением степени сжатия и частоты вращения коленчатого вала интенсивность износа уменьшается быстрее погрешностей. Это объясняется влиянием погрешностей на свойства трибосопряжения, двигателя и автомобиля, согласованное развитие которых обеспечивает повышенный рост долговечности и износостойкости деталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Двигатели Заволжского моторного завода. / Минеев А.М. и др. // Нижний Новгород. Издательство Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, 1998. – 256с
2. Коченов В.А., Гоева В.В., Гришин Н.Е., Казаков С.С., Жамалов Р.Р., Грунин К.Е. Унификация исследований надежности ДВС / Сельский механизатор / №1, 2016, с. 30-32.
3. Коченов В.А., Сахаров А.Н., Гоева В.В., Гришин Н.Е., Казаков С.С., Жамалов Р.Р., Грунин К.Е., Оценка проектирования и производства ДВС / Тракторы и сельхозмашины / № 7, 2017, с. 43–46.
4. Коченов В.А., Сахаров А.Н., Гоева В.В., Гришин Н.Е., Казаков С.С., Жамалов Р.Р., Грунин К.Е. Прогнозирование надежности ДВС / Сельский механизатор / №2, 2016, с. 32-33.
5. Доронкин В.Г., Петин Ю.П., Колачева Н.В. Диагностика автомобилей и теория распознавания образов / Вестник НГИЭИ / № 4 (59), 2016, с. 87–93.

Кузнецов Г.А., кандидат технических наук, доцент
Райлко М.Ю., аспирант
Петров Д.А.
(Сибирский федеральный университет)

DOI: 10.25633/ETN.2021.07.09

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

В статье проведен ретроспективный анализ отечественных четырехцилиндровых бензиновых двигателей легковых автомобилей. По каждому из исследованных параметров и показателей выявлены изменения. Показано, что основной тенденцией развития двигателей является повышение их размерности, связанное с увеличением геометрических параметров, а также повышение энергетических показателей двигателей.

Ключевые слова: двигатели легковых автомобилей, бензиновые двигатели, четырехцилиндровые двигатели.

*Kuznetsov G.A.
Railko M.Yu.
Petrov D.A.*

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF DOMESTIC GASOLINE ENGINES OF PASSENGER CARS

The article presents a retrospective analysis of domestic four-cylinder gasoline engines of passenger cars. Changes were revealed for each of the studied parameters and indicators. It is shown that the main trend in the development of engines is an increase in their dimension associated with an increase in geometric parameters, as well as an increase in the energy performance of engines.

Keywords: gasoline engines, four-cylinder engines, passenger car engines.

Введение. Россия является одной из ведущих стран мира с динамично развивающейся автомобильной промышленностью, в которой доля производства легковых автомобилей около 80%. В составе автомобилей ежегодно продается более 1 миллиона двигателей, из которых порядка 80% – четырехтактные бензиновые двигатели. По данным [1], бензиновый двигатель останется основной энергетической установкой легковых автомобилей как минимум до 2050 года. Примерно на 70% легковых автомобилей устанавливаются четырехцилиндровые бензиновые двигатели с рядной компоновкой. Следует отметить, что производство отечественных двигателей легковых автомобилей неуклонно возрастает. При этом конкурентоспособность двигателей зависит не только от мощностных, экономических и экологических показателей, но и от геометрических параметров двигателя.

Цель работы: провести ретроспективный анализ отечественных четырехцилиндровых бензиновых двигателей легковых автомобилей за исследуемый период и выявить тенденции изменения основных геометрических параметров и энергетических показателей этих двигателей.

В работе исследовались следующие основные геометрические параметры и энергетические показатели бензиновых двигателей легковых автомобилей (табл.1) [2–4]: V_h – рабочий объем двигателя, D – диаметр цилиндра, S – ход поршня, L – длина шатуна, отношение S/D , отношение R/L , и др. Кроме того, исследовались энергетические показатели: N_e – номинальная мощность двигателя, n_e – частота вращения коленчатого вала при номинальной мощности, N_l – литровая мощность двигателя и др. Двигатели ранжированы по году выпуска. Было выбра-

но 16 моделей двигателей легковых автомобилей малого и среднего классов. Исследуемый период – с 1946 года по настоящее время. Современные двигатели представлены двумя предприятиями: ОАО «АвтоВАЗ» и ОАО «Заволжский моторный завод». Изменения основных геометрических параметров и энергетических показателей двигателей за исследуемый период показано на рис.1–4. Знак «х» на рисунках относится к двигателям малого класса, знак «о» – к двигателям среднего класса.

Таблица 1

Основные параметры и показатели отечественных двигателей

Марка двигателя	Vh, л	D, мм	S, мм	L, мм	Ne, л.с.	n _e , об/мин	Автомобиль	Год
МЗМА-400	1,07	67,5	75	160	23	3600	Москвич-400	1946
М-20	2,32	82	110	202	52	3600	ГАЗ-20 Победа	1946
М-21	2,445	92	92	169	75	4000	ГАЗ-21 Волга	1956
МЗМА-407	1,36	76	75	140	45	4500	Москвич-407	1958
2101	1,198	76	66	136	64	5600	ВАЗ-2101	1970
24Д	2,445	92	92	168	96	4500	ГАЗ-24 Волга	1970
21031	1,578	79	80	136	80	5200	ВАЗ-2106	1976
МЗМА-412	1,477	82	70	134	75	5800	Москвич-412	1980
21081	1,10	76	60,6	121	54	5600	Лада Самара	1987
ЗМЗ-406	2,287	92	86	158	130	5200	ГАЗ-3102	1992
21214	1,690	82	80	136	83	5000	ВАЗ-21214	1995
ЗМЗ-405	2,465	95,5	86	158	152	5200	ГАЗ-3111	2000
21124	1,599	82	75,6	121	89	5000	ВАЗ-2110	2004
11194	1,390	76,5	75,6	133,5	89	5000	Лада Калина	2010
21128	1,774	82	84	129	123	5500	Лада Приора	2018
ЗМЗ-409	2,693	95,5	94	158	143	4400	УАЗ Патриот	2018

Для всех моделей двигателей наблюдается устойчивая тенденция увеличения рабочего объема двигателя. Так для двигателей легковых автомобилей малого класса (ДЛАМК) рабочий объем изменялся от 1,07 до 1,77 л, а для двигателей легковых автомобилей среднего класса (ДЛАСК) рабочий объем изменялся от 2,32 до 2,69 л. Увеличение рабочего объема двигателей связано с изменением диаметра цилиндра и хода поршня. Диаметр цилиндра определяет не только габаритные размеры, массу двигателя, но и энергетические показатели, а также конструктивное усовершенствование двигателя. Например, увеличение диаметра цилиндра позволяет в головке разместить 4 клапана. Наиболее часто применяемые диаметры цилиндров (рис.1 а) для ДЛАМК – 76 и 82 мм, а для ДЛАСК – 92 и 95,5 мм. Следует отметить увеличение диаметров цилиндров двигателей за исследуемый период в 1,2 раза. Ход поршня во многом определяет протекание важнейших физических процессов в цилиндре, влияет на быстроходность и динамику двигателя. Изменение хода поршня (рис.1 б) за исследуемый период отличается большой вариативностью и имеет тенденцию понижения к 1970–2000 годам с последующим повышением хода поршня в настоящее время. Диапазон хода поршня для ДЛАМК от 60,6 до 84 мм, а для ДЛАСК от 86 до 110 мм.

На массогабаритные характеристики большое влияние оказывает отношение хода поршня S к диаметру цилиндра D . С уменьшением отношения $S/D < 1$ увеличивается быстроходность и уменьшается габаритная высота двигателя, улучшаются условия размещения клапанов и др. Однако при этом увеличивается длина коленчатого вала, повышаются нагрузки на детали от газовых сил и сил инерции, ухудшается наполнение цилиндров и др. Наилучшее сочетание массогабаритных и энергетических показателей достигается в двигателях с отношением S/D близким к 1. Отношения S/D (рис.2 а) в начале исследуемого периода имело максимальное значение (1,34), в 1970-1990 годах снизилось до 0,8, а к настоящему времени повысилось до 0,98-1,02, то есть приблизилось к 1. За исследуемый период наблюдается уменьшение длины шатуна (рис.2 б) в 1,3 раза. Для ДЛАМК с 160 до 121 мм, а для ДЛАСК с 202 до 158 мм.

На габариты и массу двигателя влияет отношение радиуса кривошипа R к длине шатуна L . С уменьшением R/L (L увеличивается) происходит снижение инерционных и нормальных сил, но при этом увеличивается высота и масса двигателя. Увеличение R/L (L уменьшается) может привести к задеванию шатуна за нижнюю кромку цилиндра. В основном наблюдается увеличение отношения R/L (рис.3 а) в 1,1-1,4 раза. Так для ДЛАМК с 0,234 до 0,326, а для ДЛАСК с 0,272 до 0,297. Высота поршня H – важный геометрический параметр, влияющий на механические потери при трении. За исследуемый период наблюдается уменьшение высоты поршня (рис.3 б) в 1,4-2 раза. Так для ДЛАМК с 89 до 45 мм, а для ДЛАСК с 100 до 70 мм. При этом можно отметить уменьшение компрессионной высоты поршня (расстояние от верхней кромки поршня до оси поршневого пальца). Это связано с уменьшением высот жарового пояса, канавок под компрессионные и маслосъемные кольца, а также с уменьшением диаметра поршневого пальца. Кроме того, уменьшается и длина поршневого пальца. Так, для ДЛАМК компрессионная высота поршня уменьшилась с 44 до 26 мм, а для ДЛАСК с 51 до 34 мм. Диаметр поршневого пальца уменьшился для ДЛАМК с 22 до 18 мм, а для ДЛАСК с 25 мм до 22 мм. Применение высокооктановых бензинов позволило повысить степень сжатия в двигателе. С ее повышением увеличивается мощность двигателя и улучшается экономичность. У исследуемых моделей двигателей наблюдается увеличение степени сжатия с 6 до 10,5.

Отечественные двигатели характеризуются непрерывным ростом энергетических показателей. За исследуемый период мощность двигателей (рис.4 а) имеет самый большой рост от 2,9 до 5,5 раза. Так для ДЛАМК с 23 до 123 л.с., а для ДЛАСК с 52 до 152 л.с. По литровой мощности двигателя судят об эффективности использования рабочего объема двигателя и уровне его форсирования. Литровая мощность двигателей (рис.4 б) также имеет большой рост от 2,7 до 3,2 раза. Так для ДЛАМК с 21,5 до 69,3 л.с./л, а для ДЛАСК с 22,4 до 59,4 л.с./л. Быстроходность двигателя оценивается величиной средней скорости поршня. Для всех моделей двигателей наблюдается увеличение средней скорости поршня за исследуемый период в 1,3–1,7 раза. Так для ДЛАМК с 9 до 15,4 м/с, а для ДЛАСК с 12 до 15,7 м/с.

Для исследуемых двигателей наблюдается общая тенденция роста геометрических параметров, за исключением длины шатуна и высоты поршня. Соответственно увеличиваются и энергетические показатели, включая литровую мощность до 70 л.с./л. Для современного четырехцилиндрового бензинового двигателя характерно: степень сжатия 9-10,5, четыре клапана в камере сгорания, распределенный впрыск топлива, электронное управление и др. Это обеспечивает высокую литровую мощность, низкий расход топлива, выполнение современных экологических норм. При выборе геометрических параметров двигателя необходимо искать компромисс при одновременном обеспечении прочности, жесткости и износостойкости деталей, простоты их геометрических форм и технологичности конструкции. Изменение основных геометрических параметров двигателя, а также степени его форсирования позволит расширить диапазон мощностных рядов.

Заключение. Двигателестроение в России в настоящее время активно развивается. Это связано с ростом экономики и поддержкой государством автомобильной отрасли. Проведенные исследования показывают тенденции в развитии отечественного двигателестроения и могут быть использованы при проектировании современных двигателей легковых автомобилей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кутенев В.Ф., Сонкин В.И. Бензиновые двигатели: тенденции развития // Труды НАМИ.– 2017. – №1 (268). – С.6–21.
2. Гугин А.М. Быстроходные поршневые двигатели. Справочник – М.-Л.: Машиностроение. – 1967. – 260 с.
3. Двигатели ВАЗ. [Электронный ресурс]: – URL: <https://www.otoba.ru/dvigatel/vaz.html> (дата обращения 20.05.2021).
4. ОАО ЗМЗ. [Электронный ресурс]: – URL: https://www.zmz.ru/produktiya/dvigateli_zmz.pdf (дата обращения 20.05.2021).

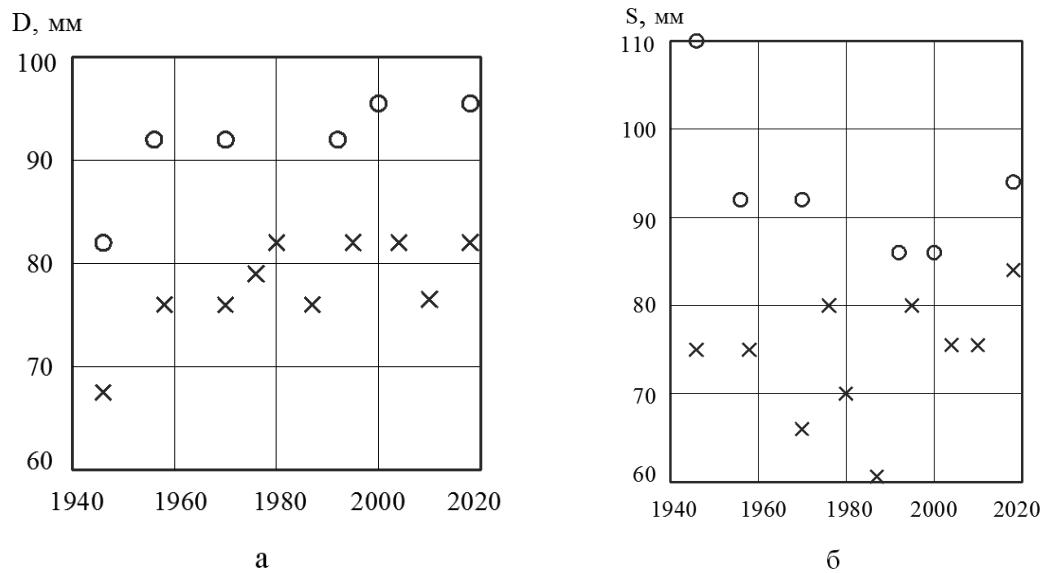


Рис. 1. Изменения за исследуемый период: а – диаметра цилиндра; б – хода поршня

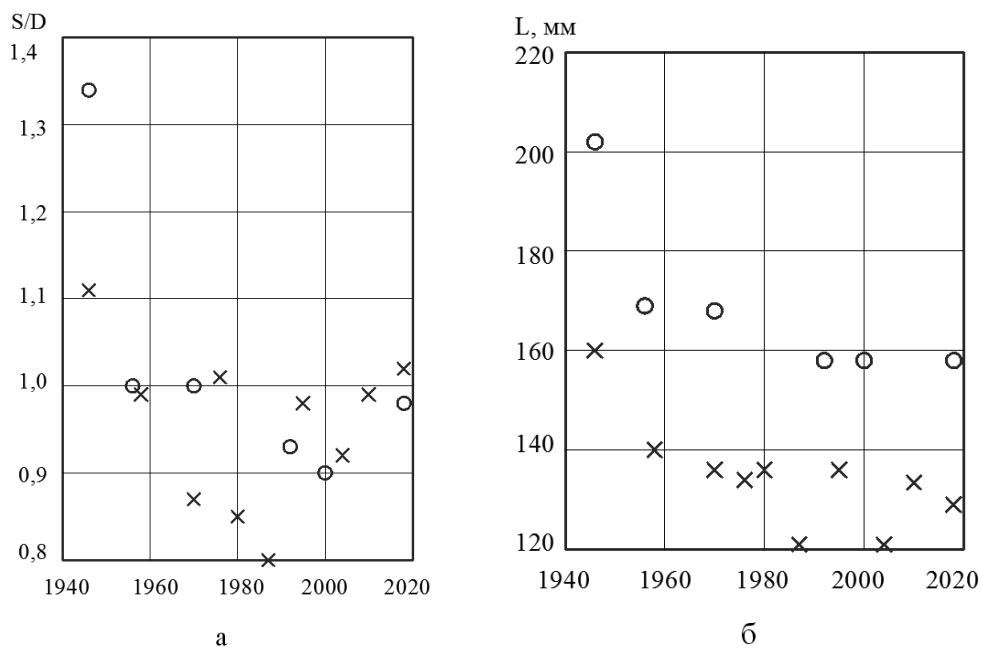


Рис. 2. Изменения за исследуемый период: а – отношения хода поршня к диаметру цилиндра; б – длины шатуна

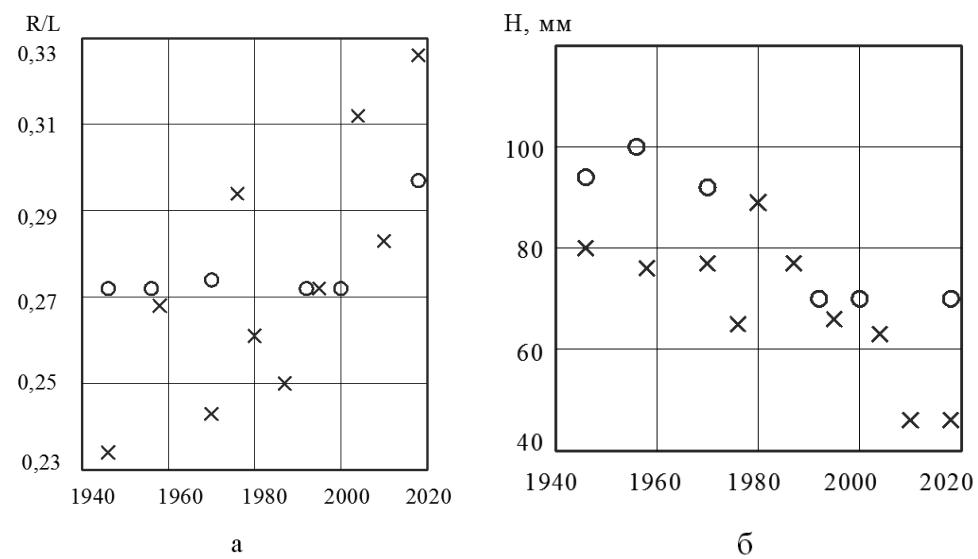
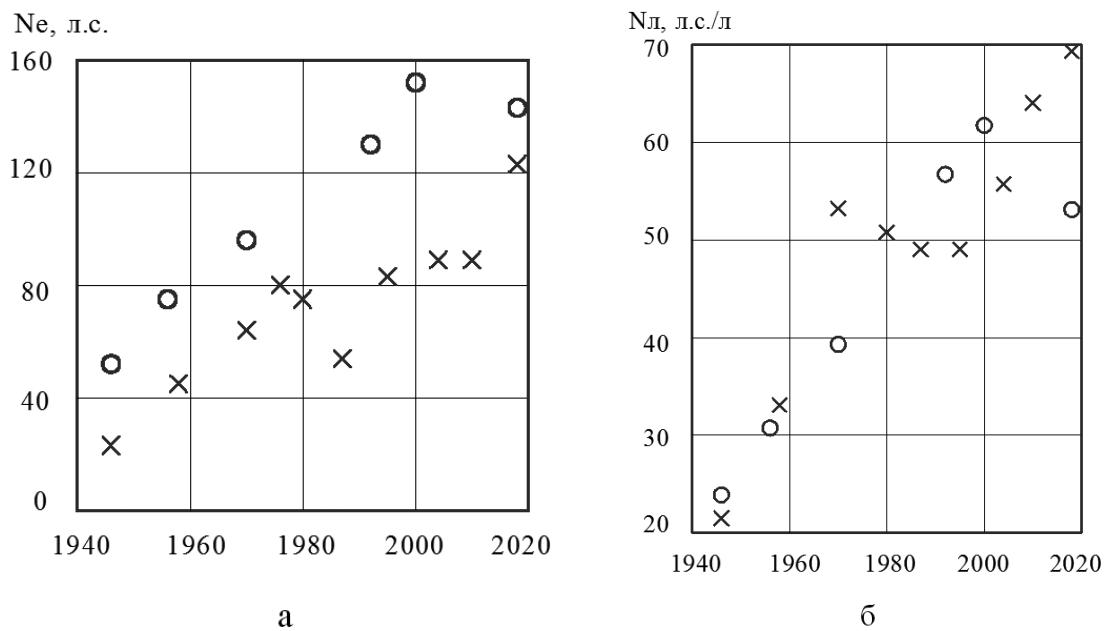


Рис. 3. Изменения за исследуемый период: а – отношения радиуса кривошипа к длине шатуна; б – высоты поршня



*Рис. 4. Изменения за исследуемый период: а – мощности двигателя;
б – литровой мощности двигателя*

Авиационная и ракетно-космическая техника

Наземные комплексы, стартовое оборудование, эксплуатация летательных аппаратов

Салимгареева В.Р.

Бибикин Н.О.

Леонова К.А.

Трякина Ю.С.

Гончарова А.В.

Ковтун М.А.

Цветкова Е.М.

(Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет))

ВЛИЯНИЕ МОДЕРНИЗОВАННЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА ЭКОНОМИКУ АВИАКОМПАНИИ И ЭКОЛОГИЮ В ЗОНАХ ПРИАЭРОПОРТОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ

С каждым годом увеличивается количество людей, которые хотят быстро и с комфортом добраться из одного пункта в другой, а для этого есть безопасный и быстрый способ – авиация. Ежегодно с заводов известных авиастроительных концернов в мире выпускается до 2500 новых самолетов. С каждым годом все больше входит в «тренд» у авиакомпаний экономия топлива и уменьшение выбросов от двигательных установок, но для этого необходимо закупать новые самолеты, а для заводов стоит новая цель – модернизация или создание новых выгодных для авиакомпаний воздушных судов.

Ключевые слова: экология; шум; загрязнение; экономия; модернизация; самолеты; двигательные установки; развитие; создание.

Salimgareeva V.R.

Bibikin N.O.

Leonova K.A.

Tryakina Yu.S.

Goncharova A.V.

Kovtun M.A.

Tsvetkova E.M.

THE IMPACT OF MODERNIZED AIRCRAFT ON THE AIRLINE'S ECONOMY AND THE ENVIRONMENT IN THE ZONES OF THE AIRPORT TERRITORIES

Every year the number of people who want to quickly and comfortably get from one point to another increases, and for this there is a safe and fast way – aviation. Every year, up to 2,500 new aircraft are produced from the factories of well-known aircraft manufacturers in the world. Every year, more and more fuel economy and reduction of emissions from engine installations are becoming a «trend» for airlines, but for this it is necessary to buy new aircraft, and for factories there is a new goal – modernization or creation of new aircraft that are profitable for airlines.

Keywords: ecology; noise; pollution; economy; modernization; aircraft; propulsion systems; development; creation; ecology; noise; pollution.

С каждым годом увеличивается количество людей, которые хотят быстро и с комфортом добираться из одного пункта в другой, а для этого есть безопасный и быстрый способ – авиация. Ежегодно с заводов известных авиастроительных концернов в мире выпускается до 2500 новых самолетов. [1] С каждым годом все большеходит в «тренд» у авиакомпаний экономия топлива и уменьшение выбросов от двигательных установок, но для этого необходимо закупать новые самолеты, а для заводов стоит новая цель – модернизация или создание новых выгодных для авиакомпаний воздушных судов.

Целью данной работы является анализ работы авиакомпании по внедрению в авиационный парк воздушных судов модернизированного типа, которые отличаются по характеристикам и оборудованием от предыдущих поколений данного типа, которые эксплуатируются данной авиационной компанией, для перевозки пассажиров и небольшого количества грузов на борту воздушного судна на расстояния средней дальности из одного пункта в другой.

Каждая третья авиакомпания закупает новые самолеты – это делает перелеты дешевле примерно на 15% (в качестве примера в данной работе описан самолет среднемагистральный модернизированный Airbus A320NEO и его предшественник Airbus A320–200). Согласно данным европейского авиационного концерна «Аирбас» и авиакомпании S7 Airlines, за один перелет авиакомпания экономит 15% топлива, что помогает перенаправить 8% сэкономленных денежных средств перенаправить на оплату труда сотрудников, оплату лизинговых платежей и на многое другое. [2]

Немного хотелось упомянуть про самолеты, которые будут в сравнительных примерах описаны в работе дальше.

Airbus A320-200 – это узкофюзеляжный самолёт с одним центральным проходом в салоне, четырьмя пассажирскими входами и четырьмя аварийными выходами. Средняя дальность полёта 5600 км. [3]

Airbus A320neo – это улучшенная (modернизированная) версия узкофюзеляжного пассажирского реактивного самолёта Airbus A320-200, производимого Airbus'ом. Аббревиатура «neo» означает «New Engine Option», то есть «Новый вариант двигателя». [4]

Изменения были также внесены и в планер, в том числе модифицировано крыло и изменена конструкция законцовки для уменьшения сопротивления. Для комфортного пребывания пассажиров на борту самолета был переработан салон авиалайнера: увеличены багажные отделения и улучшены системы очистки и кондиционирования воздуха. [5]

На сегодняшний день в России есть несколько перевозчиков, которые эксплуатируют данный модернизированный тип ВС: S7 Airlines, Уральские Авиалинии. В этом году флот новыми лайнерами данного типа пополнит авиакомпания Аэрофлот. [6]

Давайте сравним показатели экономии топлива:

Потребление топлива:

Если на самолете Airbus A320NEO – 2600 кг/ч,

На предыдущем поколении Airbus A320-200 – 2800 кг/ч [6]

Например, рассмотрим более подробно некоторые из преимуществ эксплуатации самолета Airbus A320neo в авиакомпаниях по всему миру:

- За счет новых двигательных установок он на ~15% экономичнее предыдущего поколения. Заказчик (авиакомпания или лизинговая компания) на данное поколение может установить два возможных типа двигателей, которые могут сэкономить значимую часть денежных средств

- Появилась возможность летать на дальние расстояния, по сравнению с предыдущими поколениями, также уменьшилось количество вредных выбросов химических элементов от отработанного двигательной установкой топлива CO₂. Нельзя не отметить и снижение на 50% шумовых выбросов в окружающую среду.

- Увеличение пассажирской вместимости салона за счет уменьшения рабочего места бортпроводников. Уменьшается размер кухонных и туалетных зон.
- Использование композитных материалов. Как улучшение аэродинамических характеристик воздушного судна.
- Использование устойчивых к ремонтам различных узлов и агрегатов на новом поколении воздушных судов, что дает шанс авиакомпании сэкономить большие денежные потоки средств при работе с модернизированным поколением данного типа самолета, и сэкономить часть средств при его техническом обслуживании и ремонте (ТОиР).
 - Обеспечение нового поколения воздушных судов современным оборудованием.
 - Уровень шума в предыдущем поколении лайнера составляет 82 децибела, когда у модернизированного воздушного судна уровень шума стал меньше и равен ~70 децибел. [11]

Стоит отметить, что авиаперевозчики, эксплуатирующие новое поколение воздушных судов в своем авиапарке, уже ощутили всю экономичность данных лайнеров и полезность данных данного типа ВС для окружающей среды. По статистике европейского авиационного концерна AIRBUS – компании получают солидную прибыль от таких типов воздушных судов, тем самым дается шанс многим авиакомпаниям, которые находятся в очень плохой экономической ситуации – улучшить свое экономическое положение, но и увеличить прибыль за счет увеличения провозной емкости в новых самолетах. [12]

Несомненно, но главным плюсом является экологичность самолетов, так как по проведенным исследованиям, самый пик загрязнений от выработанных отходов с двигательной установки происходит в момент взлета. [13]

Постоянный рост объема авиационных перевозок приводит к росту загрязнений окружающей среды продуктами сгорания от авиационного топлива и горюче-смазочных материалов. При подсчете, в среднем один реактивный самолет потребляет в течение 1 часа около 2,5 тонны топлива и 130 тонн воздуха, выпуская в окружающую среду. Средняя задержка этих веществ в атмосфере составляет примерно 2 года. [14]

Не стоит забывать, что существуют положительные факторы развития авиакомпании, которые помогают авиационному перевозчику оставаться в плюсе и по пассажирскому потоку в аэропорту и по количеству рейсов, а также по количеству модернизированных воздушных судов в авиапарке. Но также есть и обратная сторона, которая может негативно сказываться на авиакомпании и на рынке покупки или лизинга модернизированной авиационной техники. [17]

Совершенно понятно, что при большом пассажиропотоке и при преобладании большого количества положительных факторов, которые указаны в таблице 5, можно сделать вывод, что авиакомпания, имея денежные средства, может закупить модернизированные воздушные судна, провести переобучение кадрового состава, при условии, что такое необходимо сделать. У авиакомпании, которая имеет много отрицательных факторов – это сделать либо будет дорого, либо не представляется возможным, так как компания уже не может жить, из-за того, что она попала в «яму» под названием – банкротство (конечно при условии того, что если ее государство или банки кредиторы не будут спасать). [18]

В данной работе, автор и соавторы решили провести анализ пассажирского потока в Московском Авиационном Узле, в который входят все четыре крупнейших Московских международных аэропортов, а именно:

- Внуково
- Шереметьево
- Домодедово
- Жуковский

Конечно, Московскому Авиационному Узлу далеко до показателей Лондона, Нью-Йорка и других крупных мировых хабов, но мы тоже перевозим за год достаточное количество пассажиров на воздушном транспорте, так как в России до сих пор в большинстве случаев рейсы

в крупные города других стран осуществляются исключительно из Москвы, а из региональных аэропортов – это, максимум, сезонные чартерные рейсы в курортные места восточных стран. [19]

Делая вывод по вышесказанному, можно понять, что с ростом пассажирского потока во всем мире, а также из-за стремления к большой выгоде, авиакомпании все больше будут покупать новые модернизированные суда, так как они будут лучше и выгоднее образцов предыдущих поколений, а также комфортней и более экологичнее, что также является немаловажным фактором. Пожалуй, главной задачей любой авиакомпании является – задача быть конкурентоспособной, платежеспособной, способной правильно моделировать процессы перевозок, предлагать гибкие тарифы, а также предлагать комфортный перелет, не забывая об экологии.

Для того чтобы повысить безопасность, а также увеличить прибыль на фоне постоянного повышения цены на нефть авиакомпаниям необходимо приобрести новое поколение самолетов, которые также оказывает меньшее воздействие на окружающую среду в зонах нахождения аэропортов. Часть сэкономленных денежных средств с покупки меньшего количества топлива можно будет перенаправить на другие немаловажные виды ее деятельности, которые требуют определенных денежных вливаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Метечко Л.Б., Сорокин А.Е. Кластерная стратегия экоинновационного развития машиностроительной отрасли // СТИН. – 2017. – №3. – С.27–30.
2. Сорокин А.Е., Павлова Т.П., Бурмистрова И.Х. Методологические, научно-технические и правовые аспекты экологической безопасности // Юридическая наука. – 2019. – №2 – С.35-41.
3. Метечко Л.Б., Шаталова М.Ю., Сердобинцев А.С., Авдеева Н.А., Мельников И.В. Проблемы техногенного воздействия типового аэропорта на окружающую среду // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2018. – №6. – С.18-23.
4. Гусилетов А.А. Стратегия управления российской авиакомпанией в условиях кризиса // Сборник тезисов докладов XLV Международной молодежной научной конференции. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). – 2019. – С.989-990
5. Л.Б. Метечко, А.Е. Сорокин, А.И. Тихонов, С.В. Новиков Эпоха трех «Э» и возможные тенденции развития//Московский экономический журнал. №4 – 2017. – С15 <http://qje.su/rekreacia-i-turizm/moskovskij-ekonomiceskij-zhurnal-4-2017-93/>
6. Метечко Л.Б., Сорокин А.Е., Новиков С.В. Введение в экологию аэрокосмической отрасли: Учебник. – Калуга: Эйдас. – 2016. – 320с.
7. Метечко Л.Б., Тихонов А.И., Сорокин А.Е., Новиков С.В. Влияние экологических нормативов на развитие авиационного двигателестроения // Труды МАИ. – 2016. – № 85. – С.9–19.
8. Метечко Л.Б., Сорокин А.Е. Гармонизация эколого-экономических показателей на рынках продукции высоких технологий. // Экономика и управление в машиностроении.— 2016. – № 4, 5 – С.79–85.
9. Метечко Л.Б., Сорокин А.Е. Кластерная стратегия экоинновационного развития машиностроительной отрасли // Научно-технический журнал СТИН – № 10.— М, / 2017 – С.27–31
10. Объемы перевозок через аэропорты МАУ за январь-декабрь 2018-2019 г.г.. Росавиация 11 февраля 2020г. (www.favt.ru)
11. Авиационная строительная корпорация Airbus (www.airbus.com)
12. Служба технического обслуживания S7 Technics (www.s7technics.ru)
13. Гусилетов А.А. Загрязнение атмосферы авиатранспортом// Издательство: «Доброе слово» – 2017 – С. 32–33

14. Гусилетов А.А. Воздействие авиационного транспорта на окружающую среду.// ГАГАРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ 2017// Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) (Москва) – 2017 – С. 1340
15. Гусилетов А.А. Влияние беспилотных зон на экономическую эффективность авиационного транспорта.// АВИАЦИЯ И КОСМОНАВТИКА – 2017// Типография «Люксор» – 2017 – С. 568–569
16. Larionov, A., Metechko, L., Davydov, A., Davydov, D. Prospects for the development of green and energy efficient technologies in construction // MATEC Web of Conferences – EDP Sciences – August 20, 2018
17. Метечко Л.Б. Экология для инженерно-экономических и технических вузов. Учебное пособие. – Саарбрюкен (Германия): Laplambert Academic Publishing, 2013. – 520 с.
18. Metechko, L.B., Sorokin, A.E. Cluster Strategy for Eco-Innovation at Manufacturing Enterprises// Articlein Russian Engineering Research 38(4):316-319 • April 2018
19. Pomogaeva, V., Metechko, L., Prokofiev, D., Narezhnaya, T. Investigation of the motion processes of wastewater in sewerage of high-rise buildings // E3S Web of Conferences – EDP Sciences – April, 2018
20. Уральские авиалинии (<https://www.uralairlines.ru/>)
21. Аэрофлот – Российские авиалинии (www.aeroflot.ru)

**Информатика, вычислительная
техника и управление**

**Системный анализ, управление и обработка
информации**

Белоусов Е.А.

Попов И.А.

Евдокимов А.А.

Ерохин И.А.

Абубок М.А.

*Варламов О.О., доктор технических наук,
профессор*

*(Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский уни-
верситет))*

УДК 004.89

**РЕКОМЕНДАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ САХАРНОГО
ДИАБЕТА НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМА МИВАРНОГО ВЫВОДА**

Сахарный диабет – одна из наиболее острых медико-социальных проблем современности. Наиболее часто встречается диабет 1-го и 2-го типов. Выявление заболевания на ранних стадиях способствует более мягкому течению болезни. Задача детектирования заболевания может и должна быть автоматизирована. Важным требованием к системе, автоматизирующей процесс установления диагноза, является вывод логической цепочки рассуждений, которая привела к данному решению. Поэтому использование нейронных сетей, являющихся моделью черный ящик, в такой системе – нежелательно. Миварный подход – направление искусственного интеллекта, которое включает в себя технологию накопления информации и технологию обработки информации. Системы на основе миварных сетей способны обрабатывать модели, состоящие более чем из 1 миллиона параметров и 3 миллионов правил. В работе представлена миварная модель диагностики сахарного диабета, созданная на основе клинических рекомендаций по сахарному диабету. Предполагается, что она может быть полезна врачам, не обладающим глубокими знаниями в области эндокринологии. Представленная модель состоит из 43 параметров и 26 правил. Также в работе приводится эксперимент, демонстрирующий работу системы и ее граф вывода.

Ключевые слова: МИВАР, Миварные Сети, Экспертные Системы, Искусственный Интеллект, MOGAN, Логический Вывод, Сахарный Диабет.

Belousov E.A.

Popov I.A.

Evdokimov A.A.

Erokhin I.A.

Abibok M.A.

Varlamov O.O.

RECOMMENDATION SYSTEM FOR THE DIAGNOSIS OF DIABETES MELLITUS BASED ON THE MECHANISM OF MIVAR INFERENCE

Diabetes mellitus is one of the most acute medical and social problems of our time. The most common types of diabetes are type 1 and type 2. Detection of the disease in the early stages contributes to a milder course of the disease. The task of detecting the disease can and should be automated. An important requirement for a system that automates the process of establishing a diagnosis is the conclusion of a logical chain of reasoning that led to this decision. Therefore, the use of neural networks that are a black box model in such a system is undesirable. Mivar approach – the direction of artificial intelligence, which includes the technology of information accumulation and information processing technology. Systems based on mivar networks are able to process models consisting of more than 1 million parameters and 3 million rules. The paper presents a mivar model for the diagnosis of diabetes mellitus, based on the clinical recommendations for diabetes mellitus. It is assumed that it can be useful for doctors who do not have deep knowledge in the field of endocrinology. The presented model consists of 43 parameters and 26 rules. The paper also provides an experiment that demonstrates the operation of the system and its output graph.

Keywords: MIVAR, Mivar Networks, Expert Systems, Artificial Intelligence, MOGAN, Logical Inference, Diabetes Mellitus.

1. Введение

Термин “сахарный диабет” по определению Всемирной организации здравоохранения означает нарушение обмена веществ множественной этиологии, для которого характерна хроническая гипергликемия с нарушениями метabolизма углеводов, жиров и белков в результате нарушений секреции инсулина и/или действия инсулина [1].

Наиболее часто встречаются диабет второго (до 90% случаев) и диабет первого типов. Термин «сахарный диабет 2-го типа» относится к заболеванию, развивающемуся у лиц с избыточным накоплением жировой ткани, имеющих инсулинерезистентность (снижение чувствительности инсулинозависимых тканей к действию инсулина), вследствие чего наблюдается избыточный синтез проинсулина, инсулина и амилина бета-клетками поджелудочной железы, возникает так называемый «относительный дефицит» [2]. Термин «сахарный диабет 1-го типа» применяется к обозначению группы заболеваний, которые развиваются вследствие прогрессирующего разрушения бета-клеток поджелудочной железы, что приводит к дефициту синтеза проинсулина и гипергликемии, требует заместительной гормональной терапии. В отличие от сахарного диабета 2-го типа, характеризуется абсолютной (а не относительной) недостаточностью инсулина, вызванной деструкцией бета-клеток поджелудочной железы [3].

В [4] утверждается, что сахарный диабет является остройшей медико-социальной проблемой. Это обусловлено его высокой распространенностью, сохраняющейся тенденцией к росту числа больных, хроническим течением, определяющим кумулятивный характер заболевания, высокой инвалидацией больных и необходимостью создания системы специализированной помощи. По данным статистических исследований, каждые 10–15 лет число людей, болеющих диабетом, удваивается [2], сахарный диабет входит в тройку заболеваний, после атеросклероза и рака, наиболее часто приводящих к инвалидизации населения и смерти [5]. По данным ВОЗ, сахарный диабет увеличивает смертность в 2–3 раза и значительно сокращает продолжительность жизни. Еще 20 лет назад количество людей с диагнозом «сахарный диабет» на нашей планете составляло менее 30 млн. Сегодня их число превышает 422 млн., согласно прогнозам, к 2030 году диабет станет седьмой ведущей причиной смерти в мире. Предполагается, что в последующие 10 лет общее число случаев смерти от диабета увеличится более чем на 50% [5]. Именно поэтому очень важно выявить наличие сахарного диабета на ранней стадии, чтобы иметь возможность еще на раннем этапе вернуть в норму уровень сахара в крови и избежать или значительно отсрочить развитие осложнений.

Самая эффективная диагностика диабета – анализ крови на глюкозу. Однако, если анализ крови, взятый натощак, показывает нормальный показатели уровня глюкозы, это ещё не значит, что человек здоров. Бывают и обратные случаи, когда повышенный уровень глюкозы в крови является следствием острой инфекции, травмы или стресса, и не свидетельствует о наличие сахарного диабета [6].

Когда имеются жалобы на состояние здоровья, пациенту назначают дополнительные тесты. В стране существует немало населённых пунктов, удалённых от медицинских учреждений, укомплектованных специалистами достаточной квалификации для учета всех особенностей диагностики заболевания. Поэтому для жителей, подверженных диабету, существуют риски развития болезни в более тяжёлую форму и возникновения осложнений.

2. Существующие аналоги

В данный момент уже довольно активно исследуются различные методы для диагностики сахарного диабета, с применением как машинного, так и глубокого обучения. Довольно примечательна работа [7], где в качестве входных данных авторы взяли вариабельность сердечно-го ритма, считываемая с электрокардиограммы. Используя нейронную сеть на основе 5 последовательных слоев CNN (convolutional neural network), LSTM (long short-term memory) и SVM (support vector machine), на 71 датасете (каждый из которых содержал в себе 1000 образцов ЭКГ, собранных у 20 человек) получилось добиться точности диагностики до 95,7%, что является довольно высоким результатом, учитывая неинвазивность и скорость метода.

Исследователи из Канады предложили прогностическую модель, определяющую риск развития диабета, с использованием Градиентного Бустинга и Логистической Регрессии [8]. Для этой работы были отобраны данные более чем тринадцати тысяч канадских пациентов в возрасте от 18 до 90 лет.

По результатам исследования, модель на основе Градиентного Бустинга даёт 84.7% по показателю AUC и чувствительность в 71.6%, а Логистическая Регрессия – 84% AUC с чувствительностью в 73.4% [8].

3. МИВАР

Миварный подход, как направление искусственного интеллекта, развивается уже больше четверти века [9-12]. На основе миварных сетей удалось создать программную модель, способную обрабатывать более 1 млн переменных и более 3 млн правил, не прибегая к использованию вычислительных машин мощнее обычных персональных компьютеров. Для миварных систем было теоретически обосновано, что сложность при вычислениях автоматического конструирования алгоритмов миварных сетей – линейная [13].

Миварный поход включает в себя следующие технологии:

Миварная технология накопления информации – метод создания баз данных и правил с динамически изменяемой структурой на основе трех основных понятий «вещь, свойство, отношение» [13].

Миварная технология обработки информации – метод создания логического вывода на основе миварной сети.

В 2015 году, с появлением программного комплекса КЭСМИ Wi!Mi Разуматор, создание миварных систем стало доступно широкому пользователю на бесплатной основе [14]. На основе миваров развивается технология MOGAN [13]. Двудольный граф может являться средством представления миварных сетей, то есть, она будет состоять из двух списков, которые и составят две непересекающихся доли графа, а именно: объекты-переменные и правила-процедуры. Так как данные формализмы идентичны и представляют собой вершины двудольного графа, их можно описать в формате файла XML, что и происходит в миварных сетях. [13]

Логический вывод в миварной сети происходит в три основных этапа:

Формирование миварной матрицы описания предметной области. Этот этап требует непосредственного участия человека (эксперта), так как является достаточно сложным;

Работа с матрицей и конструирование алгоритма решения заданной задачи. Автоматическое формирование алгоритма или логический вывод;

По полученному алгоритму выполнение всех вычислений и нахождение ответа. По сути происходит решение задачи по этому алгоритму.

4. Описание модели

В данной работе предлагается использовать технологию миварного вывода для диагностирования сахарного диабета 1-го и 2-го вида. Предполагается, что она является полезной для врачей, не обладающим глубокими знаниями в области эндокринологии.

Предложенная модель основывается на зависимостях, описанных в клинических рекомендациях по сахарному диабету [6], [15–17]. Главной особенностью данной модели является то, что она не просто определяет диагноз пациента по введенным в нее параметрам, а выводит логическую цепочку рассуждений, которая привела к данному результату. Таким образом, врач (пользователь системы) может посмотреть цепочку вывода, и в случае несогласия с ней на каком-либо этапе, принять другое решение. Авторы считают, что прозрачность системы в вопросах, связанных со здоровьем человека, является критически важной.

Модель работает с такими входными параметрами как:

- Наличие аутоантител сахарного диабета 1-го типа;
- Концентрация глюкозы в крови;
- Концентрация глюкозы в крови натощак;
- Концентрация глюкозы в плазме крови;
- Концентрация глюкозы в плазме крови натощак;
- Концентрация глюкозы во время проведения ОГTT;
- Уровень гликированного гемоглобина в крови;
- Уровень С-пептида;
- Наличие родственников с сахарным диабетом 1-го типа;
- Наличие родственников с сахарным диабетом 2-го типа;
- Наличие перенесенного стресса;
- Жажда;
- Запах ацетона в выдыхаемом воздухе;
- Кандидоз;
- Кожный зуд;
- Учащенное мочеиспускание;
- Фурункулез;
- Вес;
- Рост;
- Пол;
- Возраст.

Некоторые параметры могут оставаться не заполненными, например, достаточно указать Концентрацию глюкозы в крови (моль/л) и не прибегать к применению более сложных анализов, таких как Уровень гликированного гемоглобина в крови. В случае, невозможности определить диагноз на основании введенных данных, система выдаст сообщение о недостаточном количестве данных.

После запуска логического миварного вывода, система пытается определить внутренние параметры, такие как:

- Наличие избытка массы тела;
- Нахождение пациента в середине пубертатного периода;
- Наличие классических симптомов сахарного диабета;
- Наличие клинической картины сахарного диабета 1-го типа;
- Наличие клинической картины сахарного диабета 2-го типа;

- Наличие критериев для установления сахарного диабета.

После чего, на их основании делается вывод о наличии у пациента сахарного диабета 1-го, 2-го типа или его отсутствии.

5. Эксперимент

Был проведен следующий эксперимент:

Пациент с избыточным весом, с повышенной концентрацией глюкозы в плазме крови, повышенной глюкозе при проведении ОГTT, испытывает повышенный аппетит и подвергался перегрузке легкоусвояемыми углеводами. При этом ожидалось получить ответ «Сахарный диабет 2-го типа».

Граф решения представлен на рис. 1.

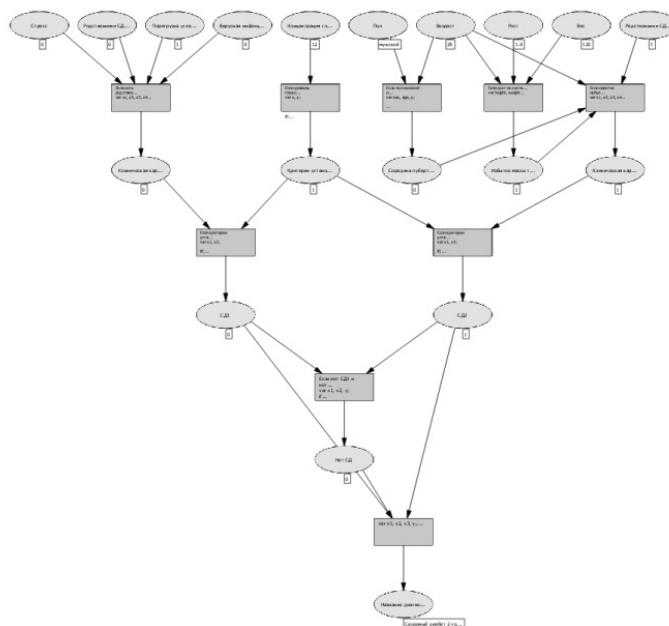


Рис. 1. Эксперимент. Граф решения.

В результате проведения эксперимента, миварная модель на выходе выдает ожидаемый от нее результат «Сахарный диабет 2-го типа», вследствие чего был сделан вывод о ее работоспособности.

Всего в модели используется 43 параметра и 26 правил.

6. Выводы

Диагностика сахарного диабета – сложная задача, которую следует автоматизировать. Применение миварного вывода, позволяет получить всю цепочку решений, которая привела к результату.

В результате работы была создана и протестирована миварная модель области диагностики сахарного диабета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сахарный диабет. Актуальность проблемы, <https://www.mgbsmp.by/informatsiya/informatsiya-dlya-patsientov/543-sakharnyj-diabet-aktualnost-problemy>, (дата обращения 20.03.2021).
2. Астамирова Х., Ахманов М.: Большая энциклопедия диабетика. Москва: Эксмо (2003).
3. Астамирова Х., Ахманов М.: Настольная книга диабетика. Москва: Эксмо (2013).
4. Демидова Т.Ю.: Актуальные проблемы оптимизации и индивидуализации управления сахарным диабетом 2 типа. РМЖ 10, с. 698–701 (2009).

5. Сахарный диабет – реальная угроза каждому, <https://gavrilov-yam.zdrav76.ru/?p=793#:~:text=%D0%90%D0%BA%D1%82%D1%83%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D1%8B%20%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B0%20%D1%82%D0%B5%D0%BC%20%D1%87%D1%82%D0%BE,%D0%B8%20>, (дата обращения 20.03.2021).
6. Клинические рекомендации Сахарный диабет 1 типа у взрослых; Общественная организация «Российская ассоциация эндокринологов» (2019).
7. Swapna G. Diabetes detection using deep learning algorithms. ICT Express 4, c. 243-246 (2018).
8. Hang Lai, Huaxiong Huang, Karim Keshavjee, Aziz Guergachi, Xin Gao Predictive models for diabetes mellitus using machine learning techniques Lai et al. BMC Endocrine Disorders 19:101 (2019).
9. Варламов О.О. Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем. Миварное информационное пространство. – Москва: Радио и связь, 2002. – 288 с. (2002).
10. Варламов О.О. Об одном подходе к метрике автономности и интеллектуальности робототехнических комплексов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2017. № 6-2 (80). С. 43-53. (2017).
11. Kim H., Chuvikov D.A., Aladin D.V., Varlamov O.O., Adamova L.E., Osipov V.G. Creating a Knowledge Base for a Mivar Expert System for the Diagnosis of Diabetes Mellitus // Biomedical Engineering, 2021, 54(6), p. 421–424. DOI: 10.1007/s10527-021-10053-7 (2021).
12. Varlamov O.O. “Brains” for Robots: Application of the Mivar Expert Systems for Implementation of Autonomous Intelligent Robots // Big Data Research. 2021. Vol. 25, 100241. <https://doi.org/10.1016/j.bdr.2021.100241>. (2021).
13. Варламов О.О. Основы создания миварных экспертных систем. Учебное пособие / М.: ИНФРА-М, 2021. – 267 с. (2021).
14. Varlamov O.O. Wi!Mi expert system shell as the novel tool for building knowledge-based systems with linear computational complexity // International Review of Automatic Control. 2018. T. 11. № 6. С. 314–325. (2018).
15. Клинические рекомендации Сахарный диабет 2 типа у детей; Общественная организация «Российская ассоциация эндокринологов». (2020).
16. Клинические рекомендации Сахарный диабет 2 типа у взрослых; Общественная организация «Российская ассоциация эндокринологов». (2019).
17. Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению сахарного диабета 1 типа у детей и подростков; Российское общество детских эндокринологов. (2013).

Гринь В.С.

(Донской государственный технический университет)

API СОВРЕМЕННЫХ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ КАК МЕТОД СБОРА ИНФОРМАЦИИ

Работа посвящена методике сбора информации визуального характера с использованием технологии API. Ставится проблема использования API.

Ключевые слова: API, социальные сети, данные, медиа файлы.

Grin V.S.

THE API OF MODERN SOCIAL NETWORKS AS A METHOD OF COLLECTING INFORMATION

The paper is devoted to the method of collecting visual information using the API technology. The problem of using the API is raised.

Keywords: API, social networks, data, media files.

Сбор информации в современном мире начал занимать ведущие позиции во всех областях. Информационные компании, собирающие под свой контроль терабайты информации, оказывают влияние на общество в целом. Но как они могут получать такое количество информации, а главное откуда? Одним из основных способов сбора информации является мониторинг социальных сетей. Для увеличения скорости мониторинга компании пользуются компьютерными технологиями различного типа. Одной из таких является технология API.

Главный API операционных систем – это множество системных вызовов. В свою очередь, системный вызов – это обращение прикладной программы к ядру операционной системы для выполнения какой-либо операции.

В индустрии программного обеспечения общие стандарты API играют важную роль для стандартной функциональности. Это обеспечивает гарантию, что все программы, которые используют общий API, будут работать также хорошо или типичным образом.

В случае API графических интерфейсов, это означает что интерфейсы последующих, созданных с применением API, будут иметь визуально похожий интерфейс. Общий API, не выходит за пределы операционной системы, поэтому процесс переноса приложения на другую операционную систему может предоставить разработчику ряд трудностей, которые необходимо будет решить.

API помимо операционных систем используется и в Web разработке. Web API является синонимом выражения веб-служба.

Основан он на определенном наборе HTTP-запросов и определении структуры HTTP-ответов, для выражения которых используют форматы XML или JSON.

HTTP – протокол прикладного уровня передачи данных.

XML – язык разметки, описывающий XML-документы и частично описывает поведение XML-процессоров (программ, читающих XML-документы и обеспечивающих доступ к их содержимому).

JSON – текстовый формат обмена данными который основывается на языке программирования JavaScript.

Данный интерфейс подходит для сбора данных изобразительного характера, а именно, изображений и видео роликов с серверов различных сайтов, которые могут поспособствовать обеспечению защиты прав интеллектуальной собственности.

В современное время API социальных сетей чаще всего используется маркетологами, в продвижении товаров и услуг. Данный инструмент является очень эффективным способом привлечь внимание к собственному продукту, а также повысить популярность и узнаваемость новых брендов.

В связи с популярностью социальных сетей у населения, они также стали неотъемлемой частью коммерческой коммуникации. Этот фактор определяет выбор наиболее эффективных способов взаимодействия с представителями целевой аудитории.

API социальных сетей позволяют работать с разными частями страницы пользователя, сохранив при этом конфиденциальность и не позволяя ее нарушить:

Социальные сети предоставляют информацию о пользователе, которая находится в открытом доступе, только в том случае, если он не ограничил доступ лиц, которые могут просмотреть данную информацию. В базах-данных, на серверах, которые используют социальные сети, данные о пользователях хранятся под кодовыми номерами, ID. По этому номеру можно получить информацию подобного рода:

- имя, фамилия или же псевдоним, реже номер телефона (при наличии);
- дата рождения, пол;
- город, страна, часовой пояс;
- список групп, в которых состоит пользователь;
- url-адреса фотографий малых, средних и больших размеров и многое другое.

Факт того, что эта информация является достоверной не всегда очевиден. Многие люди имеют от двух и более страниц в социальных сетях, но зачастую, информация основной массы пользователей действительно соответствует реальному человеку.

Пользователь в социальных сетях может создавать один и более альбомов, которые содержат фотографии, чаще всего основанные на его предпочтениях.

API предоставляет широкий выбор функций взаимодействующих как с альбомами в целом, так и с каждой фотографией по отдельности, а именно:

- получение списка альбомов фотографий с общими данными о каждом альбоме;
- список отдельных фотографий из какого-либо альбома с набором ссылок на разные размеры и качества этого изображения.

Данные, которые можно получить из описания фотографии:

- место, время и дату, где и когда было сделано фото;
- данные о устройстве, на котором было сделано фото, если это телефон, то есть возможность получить уникальный идентификационный номер устройства и его MAC-адрес;
- является ли фотография копией, ранее загруженной на сервер или же, она единственная.

Данная информация является частью документа, которую приписывает устройство съемки. При попадании на сервер, фотография копируется, оригинал остается на сервере, а копия, в которой данная информация уже стерта, отправляется в открытый доступ. Удалить эти данные без использования специализированной программы нельзя.

Также пользователь может взаимодействовать с аудиозаписями, а API, в свою очередь, предоставляет широкий выбор возможностей для работы с аудиозаписями:

- возможность список аудиозаписей пользователя или группы с общей и подробной информацией о каждой записи;
- полные тексты песен;
- осуществлять поиск аудиозаписей;
- редактировать данные, которые касаются аудиозаписей.

API позволяет получать список видеозаписей пользователей, групп с общей информацией о каждой видеозаписи.

Для хранения данных, API предоставляет каждому приложению 4096 уникальных переменных по 255 байт.

Причем, переменные распределяются по следующим диапазонам:

– Глобальные переменные: могут использоваться для данных, которые являются общими для всех экземпляров данного приложения, например, это таблица рекордов игрового приложения.

– Переменные пользователя: эти переменные уникальны для каждого пользователя данного приложения и могут служить, к примеру, для сохранения игры пользователя. Примерно к половине переменных предоставляется доступ другим пользователям. Часть переменных является зарезервированной для разных нужд.

– Переменные сессии: при работе с переменными, в запросе можно задавать идентификатор сессии (сеанса или комнаты). Таким образом, переменные этого диапазона будут общими для всех пользователей, которые в данный момент просматривают приложение. Соответственно, приложения могут осуществлять многопользовательское общение в реальном времени – чаты, многопользовательские игры и прочее.

– Переменные, содержащие временные данные, которые уникальны для текущего просматриваемого приложения, и при его закрытии пропадут.

API работает с запросами отправляемыми пользователем на сервер. Чаще всего данные, которые приходят в ответе, содержатся в формате JSON, но есть возможность получить данные в формате XML.

Плюсов использования API немало:

– Самый главный плюс работы с API – это экономия времени при разработке собственных сервисов. Программист получает готовые решения и ему не нужно тратить время на написание кода для функционала, который уже давно реализован.

– в API могут учитываться нюансы, которые сторонний разработчик может просто не знать;

– API дает приложениям определенную системность и предсказуемость – одна и та же функция с помощью API может быть реализована в разных приложениях так, что будет понятна и знакома всем пользователям;

– API дает сторонним разработчикам доступ к закрытым сервисам.

Но также есть и минусы:

– Если в основной сервис вносятся изменения и доработки, в API они могут попасть не сразу,

– Разработчику доступны готовые решения, как именно они реализованы и как выглядит исходный код, он не знает,

– API предназначен в первую очередь для общего использования, он может не подойти для создания какого-то особого функционала.

Для обработки данных через API приложению или веб-сайту необходимо отсылать сервису соответствующие HTTP-запросы. В ответ на эти запросы сервис возвращает HTTP-сообщения, в теле которых содержится сам результат обработки. Запросы можно отсылать методом GET или POST.

HTTP – протокол передачи данных который очень широко распространен в мире. Изначально он предназначался для передачи гипертекстовых документов.

Данный протокол предполагает работоспособность по принципу клиент-серверных запросов и ответов. Приложение-клиент формирует запрос, после чего он отправляется на сервер. Серверное ПО обрабатывает запрос и формирует ответ, основываясь на информационном потоке запроса и отправляет обратно клиенту.

Задача, которая решается с помощью протокола HTTP – это обмен данными между пользовательским приложением и веб-сервером. Благодаря данному протоколу, в настоящее время, формируется работа Всемирной паутины. Передача данных по протоколу HTTP осуществляется через TCP/IP-соединения. API многих программных продуктов также подразумевает использование HTTP для передачи данных – сами данные при этом могут иметь любой формат, например, XML или JSON.

Использование конкретного формата зависит от предпочтений пользователя и от технических возможностей, доступных в рамках его приложения или веб-сайта.

Для того, чтобы сформировать HTTP-запрос, необходимо составить стартовую строку, а также задать по крайней мере один заголовок – это заголовок Host, который является обязательным, и должен присутствовать в каждом запросе. Дело в том, что преобразование доменного имени в IP-адрес осуществляется на стороне клиента, и, соответственно, когда вы открываете TCP-соединение, то удалённый сервер не обладает никакой информацией о том, какой именно адрес использовался для соединения.

Для получения ответов от сервиса в формате JSON необходимо в исходном запросе использовать URL-параметр «output=json». Для получения ответов в формате XML в рамках URL исходного запроса необходимо использовать параметр «output=xml». Использование одного из двух указанных значений параметра «output» является обязательным. Сервис не сможет выполнить обработку полученных данных без явного указания одного из двух поддерживающих форматов.

Сервис использует кодировку UTF-8 для представления результатов обработки данных. При использовании формата XML можно запросить ответ в кодировке windows-1251. Для этого используется параметр «output» со следующим значением: «output=xml|cp1251». Здесь для разделения двух значений параметра «output» используется вертикальная черта.

При формировании ответа в формате JSON сервис по умолчанию не выполняет его форматирования, так что ответ представлен в виде одной сплошной строки без переносов строк, отступов и пробельного прореживания. Для удобства отладки и знакомства с ответами сервиса в формате JSON непосредственно в окне браузера можно попросить сервис выполнить форматирование и представить JSON-ответ в гуманном виде. Для этого необходимо использовать параметр «output» со следующим значением «output=json|pretty».

ЛИТЕРАТУРА

1. Paddy Foran – Your API is Bad.
2. Eve Andersson, Philip Greenspun, and Andrew Grumet – Software Engineering for Internet Application
3. Jonas Boner – Reactive Microservices Architecture

*Ерохин И.А.
Белоусов Е.А.
Сафин Р.Р.
Коваленко А.А.
Звонарев А.Е.
Гапанюк Ю.Е., кандидат технических
наук, доцент
(Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский универси-
тет))*

УДК 004.89

МЕТАГРАФОВОЕ ОПИСАНИЕ СЕМАНТИКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

В статье рассмотрено выявление семантики изображений на основе метаграфового подхода, а также представление выявленной семантики. Для детектирования изображений используются сверточные нейронные сети. Рассмотрены примеры визуализации выявленной семантики изображений на основе данного подхода.

Ключевые слова: метаграф, детектирование изображения, распознавание связи, представление ситуации, визуализация.

*Erokhin I.A.
Belousov E.A.
Safin R.R.
Kovalenko A.A.
Zvonarev A.E.
Gapanyuk Y.E.*

METAGRAPH DESCRIPTION OF IMAGE SEMANTICS

Abstract. The article considers the identification of image semantics based on the metagraph approach, as well as the presentation of the identified semantics. Convolutional neural networks are used for image detection. Examples of visualization of the identified semantics of images based on this approach are considered.

Keywords: metagraph, image detection, communication recognition, situation representation, visualization.

Исследования в области ситуационного моделирования начались в 60-х годах XX века и не теряют своей актуальности по сей день. Задачи описания и обработки сложных ситуаций требуется решать во многих информационных системах.

В настоящее время модели на основе сложных сетей все чаще используются для решения широкого класса задач, в том числе и для задач ситуационного описания. В качестве разновидности сложных сетей нами предлагается использовать метаграфовый подход, основные положения которого сформулированы в статьях [1–3]. Метаграфовая модель ориентирована на описание сложных вложенных контекстов и является естественной моделью для представления сложных ситуаций.

Под метаграфом будем понимать следующую структуру: $MG = \langle V, MV, E \rangle$, где MG – метаграф; V – множество вершин метаграфа; MV – множество метавершин метаграфа; E – множество ребер метаграфа.

Вершина метаграфа характеризуется множеством атрибутов: $v_i = \{atr_k\}, v_i \in V$, где v_i – вершина метаграфа; atr_k – атрибут.

Ребро метаграфа характеризуется множеством атрибутов, исходной и конечной вершиной и признаком направленности: $e_i = \langle v_S, v_E, \theta, \{atr_k\} \rangle, e_i \in E, \theta = true | false$, где e_i – ребро метаграфа; vS – исходная вершина (метавершина) ребра; vE – конечная вершина (метавершина) ребра; θ – признак направленности ребра ($\theta=true$ – направленное ребро, $\theta=false$ – ненаправленное ребро); atr_k – атрибут.

Фрагмент метаграфа: $MG_i = \{ev_j\}, ev_j \in (V \cup E \cup MV)$, где MG_i – фрагмент метаграфа; ev_j – элемент, принадлежащий объединению множеств вершин (метавершин) и ребер метаграфа.

Таким образом, фрагмент метаграфа в общем виде может содержать произвольные вершины (метавершины) и ребра. Метавершина метаграфа является основным элементом предлагаемой модели: $mv_i = \langle \{atr_k\}, MG_j \rangle, mv_i \in MV$, где mv_i – вершина метаграфа; atr_k – атрибут, MG_j – фрагмент метаграфа. Метавершина в дополнение к свойствам вершины включает вложенный фрагмент метаграфа. Поэтому метаграф можно охарактеризовать как «сеть с эмерджентностью», в которой фрагмент сети, состоящий из вершин и связей, может выступать как отдельное целое.

Система распознавания ситуации на изображении должна решать три основные задачи:

1. Детектирование полученного от пользователя изображения с целью идентификации находящихся на нем образов и получения их параметров.

2. Построение метаграфа ситуации.

3. Представление полученной ситуационной модели пользователю.

Для решения первой задачи целесообразно использовать существующие методы детектирования объектов. Благодаря своему строению, сверточные нейронные сети (CNN) хорошо извлекают признаки из изображения. YOLO или You Only Look Once – это очень популярная на текущий момент архитектура CNN, которая используется для распознавания множественных объектов на изображении.

Главная особенность этой архитектуры по сравнению с другими состоит в том, что большинство систем применяют CNN несколько раз к разным регионам изображения, в YOLO CNN применяется один раз ко всему изображению сразу.

Согласно статье [4] все изображение разбивается с помощью сетки на ячейки. После этого каждая ячейка отвечает за предсказание:

1. Нескольких рамок объектов и показателя уверенности для каждой из них.

2. Вероятностей классификации объекта в каждой из рамок.

В YOLO для предсказания содержащих рамок используются якорные рамки. Их основная идея заключается в предопределении двух разных рамок, называемых якорными рамками или формой якорных рамок. Это позволяет ассоциировать два предсказания с этими якорными рамками. Число якорных рамок может быть увеличено.

От излишних обнаружений мы избавляемся путем сравнения с пороговым значением и методом подавления не-максимумов, суть которого заключается в выборе содержащей рамки с наибольшей вероятностью и подавление других содержащих рамок, расположенных близко и имеющих максимальное пересечение относительно объединения с выбранной рамкой.

В данной работе использовалась архитектура YOLOv3, содержащая 106 сверточных слоев. Особенностью данной версии является наличие 3 выходных слоев, каждый из которых рассчитан на обнаружение объектов разного размера.

В процессе использования YOLO мы получаем не только информацию о классах детектированных образов, которые будут являться вершинами в образуемом нами метаграфе, но и данные о положении детектируемых объектов. Благодаря этому становится возможным выявление ребер и метавершин метаграфа на основе алгоритма, основанного на расстоянии между де-

тектируемыми объектами. Тогда вторая задача может быть решена с использованием следующей последовательности шагов:

1. Получение данных о положении детектируемых объектов. Все найденные объекты считаются вершинами метаграфа.
2. Создание матрицы расстояний для объектов.
3. Создание метавершин. Объекты, находящиеся на «малом» расстоянии друг от друга, объединяются в метавершину, граница «малого» расстояния является гиперпараметром алгоритма.
4. Получение данных о положении метавершин. Реализуется путем подсчета взвешенной суммы координат центров вершин, входящих в метавершину.
5. Обновление матрицы расстояний между вершинами путем добавления в неё метавершин.
6. Формирование ребер метаграфа на основе сравнения расстояния с пороговым значением и отслеживания типов соединяемых объектов.

Третья задача представляет собой программное решение по распознаванию ситуаций. Рассмотрим прототип визуализации метаграфовых ситуаций с использованием методов двухмерной визуализации. Программное решение использует библиотеку OpenCV. Графическое изображение, на котором производилась проверка, представлено на рис. 1, результаты детектирования представлены на рис. 2, результаты визуализации метаграфа на рис. 3. Каждый рисунок содержит две ситуации – «а» и «б».



Рис 1. Исходное графическое изображение.



Рис 2. Результаты детектирования изображения

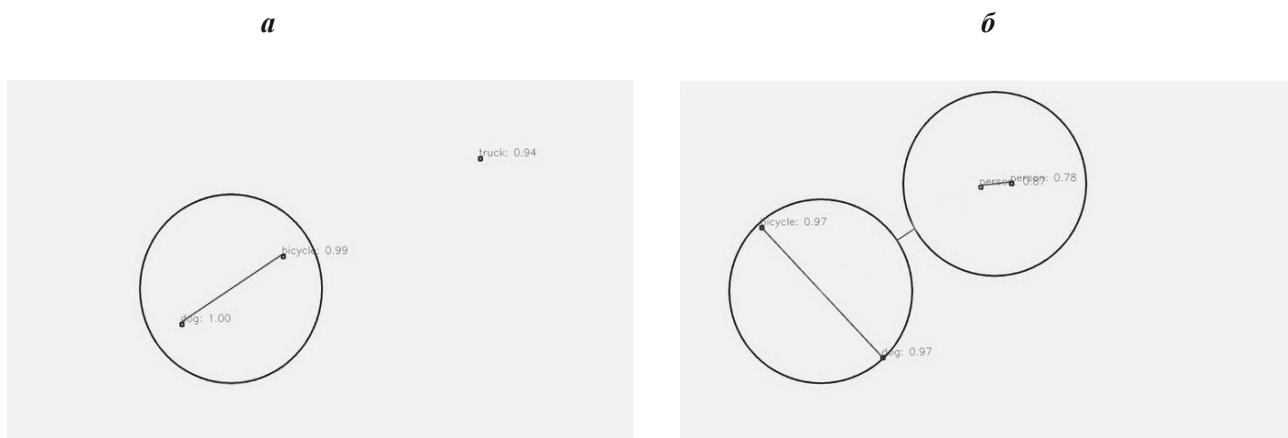


Рис 3. Результаты визуализации метаграфа

На рис. 3 можно видеть метавершины распознанных ситуаций.

Таким образом, совместное использование нейросетевого и метаграфового подходов позволяет находить сложные ситуации на изображениях и представлять их в виде сложной графовой структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черненький В.М., Гапанюк Ю.Е., Ревунков Г.И., Терехов В.И., Каганов Ю.Т. Метаграфовый подход для описания гибридных интеллектуальных информационных систем. Прикладная информатика. 2017. № 3 (69). Том 12. С. 57–79.
2. Самохвалов Э.Н., Ревунков Г.И., Гапанюк Ю.Е. Использование метаграфов для описания семантики и прагматики информационных систем. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Приборостроение». 2015. Выпуск №1.
3. Гапанюк Ю.Е., Ревунков Г.И., Федоренко Ю.С. Предикатное описание метаграфовой модели данных. Информационно-измерительные и управляемые системы. 2016. Выпуск № 12. С. 122–131.
4. Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, Ali Farhadi. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. arXiv preprint arXiv:1506.02640 (2016).

**Шаргородский М.А., аспирант
Кушников В.А., доктор технических наук,
профессор
(Институт проблем точной механики и
управления Российской академии наук)**

DOI: 10.25633/ETN.2021.07.10

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТРИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ И ТЕРРИТОРИЯМИ

В статье разработан подход, который на основе метрического пространства состояний позволяет определить успешную ликвидацию чрезвычайной ситуации.

Ключевые слова: аварии и катастрофы, граф, метрическое пространство, функциональный анализ.

**Shargorodskii M.A.
Kushnikov V.A.**

FORMATION OF THE METRIC SPACE OF EMERGENCIES FOR SOLVING OPERATIONS MANAGEMENT PROBLEMS OF OBJECTS AND TERRITORIES

Article contains an overview of the approach, which is based on metric space and allows determining the successful emergency liquidation.

Keywords: accidents and disasters, graph, metric space, functional analysis.

Для эффективного предотвращения и успешной ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных промышленных объектах необходимо разработать новые и улучшить существующие системы прогнозирования. На многих потенциально опасных промышленных предприятиях внедряются автоматизированные системы прогнозирования и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Анализ организационно-технической структуры данных автоматизированных систем управления позволяет сделать вывод о возможности решения на ее основе задач ситуационного управления потенциально опасными объектами и производствами.

Предположим, что на контролируемых объектах и территориях возникла чрезвычайная ситуация природного или техногенного характера, в результате чего они перешли в состояние $S_o(t)$ и им был причинен значительный ущерб.

Также, допустим, что согласно мнению экспертов, переход контролируемых объектов и территорий в состояние $S_k(t)$ приведет к ликвидации чрезвычайной ситуации. Учитывая допущения, постановка комплексных задач может быть сформулирована следующим образом.

Для автоматизированных систем управления РСЧС (Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций) объектового и территориального уровня необходимо разработать формальные модели и алгоритмы, которые позволяют при известных параметрах среды и управляющих воздействиях, характеризующих чрезвычайную ситуацию, в течение отведенного на решение данной задачи времени выполнить следующие действия:

- минимизировать функцию ущерба от чрезвычайной ситуации, путем перехода из состояния $S_o(t)$ в состояние $S_k(t)$;
- проанализировать возможность выполнения плана мероприятий, разработанного с целью ликвидации чрезвычайной ситуации. При необходимости, скорректировать план;

– определить типы данных и документы, которые хранятся в информационной системе оперативно-диспетчерского управления предприятия или организации. Эти данные должны быть учтены ЛПР в процессе разработки плана ликвидации чрезвычайной ситуации. Информация, на основе которой будет подготавливаться решение, должна быть упорядочена по степени важности.

Для успешной разработки алгоритма решения поставленных задач необходимо использовать методы динамического программирования в условиях временных ограничений режима оперативного управления.

Согласно положениям функционального анализа, чтобы определить метрическое пространство состояний объекта управления необходимо задать множество точек $\{S\}$ этого пространства и выбрать функцию ρ_S , которая удовлетворяет известным аксиомам метрики и позволяет определить расстояние между этими точками.

Определенные трудности при выборе входных координат объекта управления, обусловлены большим разнообразием характеристик объектов и территорий, которые необходимо учесть при ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Поэтому при выборе координат точек $S_i \in \{S\}$ за основу была взята номенклатура параметров поражающих воздействий, возникающих при чрезвычайных ситуациях, приведенная Государственным стандартом Российской Федерации Р 22.0.006-95 Т00. [1]. При этом одна из координат метрического пространства $\{S\}$ была поставлена каждому параметру поражающих воздействий во взаимно однозначное соответствие.

Вне зависимости от того, какие характеристики чрезвычайной ситуации были выбраны в качестве координат $S(y_1, y_2, y_3, \dots, y_n) \in \{S\}$, их набор должен быть полон, координаты данного набора не должны быть взаимоисключающими и взаимосвязанными.

Чтобы определить любую точку $S_i \in \{S\}, i = \overline{1, m}$ формируемого пространства, достаточно выбрать координаты этой точки $S(y_1, y_2, y_3, \dots, y_n)$, $n = n_1 + n_2$ и указать их значение.

В процессе определения метрики формируемого пространства $\{S\}$ необходимо учитывать, что координаты любой точки этого пространства $S_i \in \{S\}$ имеют числовой вид. Учитывая данное обстоятельство, в качестве функции метрики целесообразно выбрать Евклидово расстояние:

$$\rho_S(S^1, S^2) = \left[\sum_{k=1}^n (S^1 - S^2)^2 \right]^{1/2}, S^1, S^2 \in \{S\} \quad (1)$$

для которого заведомо выполняются все аксиомы метрики:

$$\begin{aligned} \rho_S(S^1, S^2) &\geq 0 \quad \forall S^1, S^2 \in \{S\}; \\ \rho_S(S^1, S^2) &= 0 \Leftrightarrow \text{когда } S^1 \text{ совпадает с } S^2; \\ \rho_S(S^1, S^2) &= \rho_S(S^2, S^1); \\ \rho_S(S^1, S^3) &\leq \rho_S(S^1, S^2) + \rho_S(S^2, S^3), \quad \forall S^1, S^2, S^3 \in \{S\}; \end{aligned} \quad (2)$$

Таким образом получаем, что метрическое пространство состояний, которое используется при решении поставленных задач, представляет собой n – мерное векторное пространство, каждая точка которого в общем случае характеризуется набором скалярных составляющих $(y_1, y_2, y_3, \dots, y_n)$. Область определения входных координат $(y_1, y_2, y_3, \dots, y_n)$ в n – мерном пространстве представляет собой прямоугольный параллелепипед, длины сторон которого определяются из выражения:

$$\begin{aligned} y_1^{\min} &\leq y_1 \leq y_1^{\max} \\ y_2^{\min} &\leq y_2 \leq y_2^{\max} \\ &\dots \\ y_n^{\min} &\leq y_n \leq y_n^{\max} \end{aligned} \quad (3)$$

Оперативно-диспетчерский персонал РСЧС, используя нормативные документы, определяет минимальные и максимальные значения данных координат. В процессе оперативного управления работами по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций эти данные уточняются.

Графическое изображение области определения входных координат представлено на рис. 1. Изображение построено следующим способом: по координатным осям отложены наибольшие допустимые значения входных координат ($y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$); соответствующие этим значениям точки соединены между собой плавными линиями.

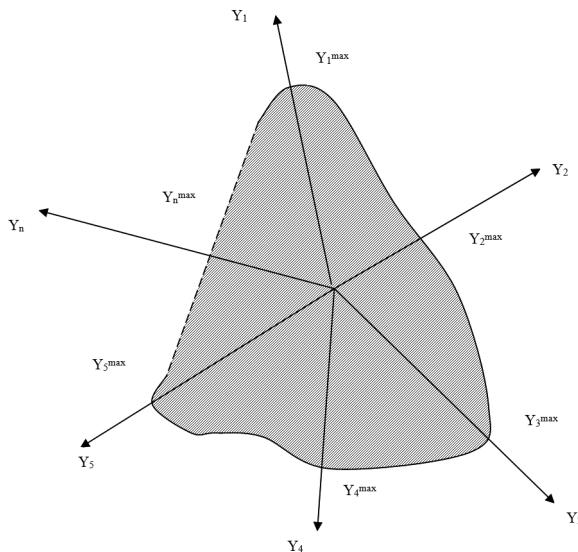


Рис. 1. Графическое изображение области определения входных координат Y_1, Y_2, \dots, Y_n ($Y_i \geq 0, i=1, n$)

В качестве координаты y_i , к примеру, может использоваться изображение территории, полученное со спутника из космоса с целью ликвидации лесных пожаров в удаленных и труднодоступных местностях.

Рассмотрим пример использования графов. Графы G_1 и G_2 характеризуют фотографию контролируемой территории до и после возникновения лесного пожара. Тогда совпадение двух графов $G_1(VG_1, EG_1)$ и $G_2(VG_2, EG_2)$ с точностью до ϵ будет являться одним из признаков, свидетельствующих об успешной ликвидации чрезвычайной ситуации (где VG, EG – множество вершин и множество ребер сравниваемых графов).

Чтобы определить степень сходства между указанными графиками возможно использовать один из методов количественного анализа сходства графов, например, [7]. Основываясь на выводах обзора данного метода, построим функцию $\rho_G(G_1(VG_1, EG_1), G_2(VG_2, EG_2))$, характеризующую степень совпадения указанных графа в виде зависимости

$$\rho_G(G_1(VG_1, EG_1), G_2(VG_2, EG_2)) = \rho_G(\rho_1, \rho_2) \quad (4)$$

где ρ_1, ρ_2 – составляющие, характеризующие степень совпадения между множествами вершин и дуг сравниваемых графов.

Для удобства сравнения графов шкалы измерения зависимостей ρ_1, ρ_2 должны обладать достаточной чувствительностью к изменениям множеств дуг и вершин сравниваемых графов

и иметь физически обоснованные начало и единицу измерения. Этим требованиям отвечают ρ_1, ρ_2 , определяемые из следующих выражений:

$$\begin{aligned}\rho_1(VG_1, VG_2) &= \frac{|VG_1 \cap VG_2|}{|VG_1 \cup VG_2|}; |VG_1 \cup VG_2| \neq 0; \\ \rho_2(EG_1, EG_2) &= \frac{|EG_1 \cap EG_2|}{|EG_1 \cup EG_2|}; |EG_1 \cup EG_2| \neq 0;\end{aligned}\quad (5)$$

(\parallel – символ, обозначающий мощность множества).

Тогда выполняется следующие соотношения:

$$\rho_G(G_1(VG_1, EG_1), G_2(VG_2, EG_2)) = \sum_{i=1}^2 \lambda_i \rho_i(G_1, G_2) \quad (6)$$

$$\lambda_i \geq 0; i = 1, 2; \sum_{i=1}^2 \lambda_i = 1; \quad (7)$$

где λ_i – весовые коэффициенты, характеризующие степень влияния составляющих ρ_1, ρ_2 на метрику $\rho_G(G_1(VG_1, EG_1), G_2(VG_2, EG_2))$.

В данном случае зависимости ρ_1, ρ_2 используются в качестве индикаторов совпадения сравниваемых графов $G1(VG1, EG1)$ и $G2(VG2, EG2)$, измеряются в распространенной шкале отношений $[0, 1]$ и имеют ясный физический смысл.

Данные зависимости и соотношения возможно использовать для разработки математических моделей и алгоритмов для решения задач оперативного управления объектами и территориями в условиях чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, возникших в том числе при критическом сочетании событий [2–7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный стандарт Российской Федерации Р 22.0.006-95 Т00. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники природных чрезвычайных ситуаций. Поражающие факторы. Номенклатура параметров поражающих воздействий. Дата введения 1999-07-01.
2. Кушникова Е.В., Торопова О.А. Имитационное моделирование загрязнения территорий выбросами промышленных предприятий. // Проблемы управления в социально-экономических и технических системах. Сборник научных статей: Материалы Всероссийской научной конференции. 2012. С.20–23
3. Кушелева Е.В., Резчиков А.Ф., Кушников В.А., Иващенко В.А., Филимонюк Л.Ю., Богомолов А.С., Кушникова Е.В., Самарцев А.А., Хамутова М.В. Модель для прогнозирования распространения атмосферных поллютантов при автотранспортных заторах. // Системы управления и информационные технологии. 2018. №2(72). С.55–60
4. Пищеничников И.С., Кушников В.А., Шлычков Е.И., Резчиков Д.Ф. Анализ выполнимости планов мероприятий в системе автоматизированного управления мостостроительной организацией. // Мехатроника, автоматизация, управление. 2006. №11. С.45–49
5. Шлычков Е.И., Похазников М.Ю., Кушников В.А., Калашикова О.М. Анализ выполнимости планов мероприятий при оперативном управлении машиностроительным предприятием. // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2007. Т.1 №1(21). С.88–95.

6. Резчиков А.Ф., Кушников В.А., Иващенко В.А., Фоминых Д.С., Богомолов А.С., Филимонюк Л.Ю. Предотвращение критических сочетаний событий при сварке роботизированными технологическими комплексами. // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2017. №4. С.60–71.
7. Щербаков М.А., Кушников В.А. Модели и алгоритмы системы управления аварийными ситуациями при производстве стекла. // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. Т.2. №1(55). С.196–200.

Управление в социальных и экономических системах

*Андреева В.В., доктор педагогических наук,
кандидат технических наук, профессор*

*Гревцев О.И., кандидат технических наук,
доцент*

*(Самарский государственный экономиче-
ский университет)*

*Золин А.Г., кандидат технических наук,
доцент*

*(Самарский государственный техниче-
ский университет)*

DOI: 10.25633/ETN.2021.07.16

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ИНФОРМАЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ БУДУЩИХ ПРАВОВЕДОВ

В статье рассматриваются проблемы совершенствования компетенций в области информационных технологий (ИТ) будущих правоведов и отмечается, что эта задача также важна, как формирование их профессиональных качеств. Для этого требуется перестроить управление процессом обучения в соответствии с требованиями цифровой экономики.

Ключевые слова: Управление в социальных системах, информационные технологии, компетенции, студенты, будущие правоведы, юристы.

Andreeva V.V.

Grevtsev O.I.

Zolin A.G.

IMPROVEMENT OF COMPETENCIES ON INFORMATION TECHNOLOGIES FUTURE LAWYERS

The article are considered the problems of improving competencies in the field of information technology (IT) of future lawyers and notes that this task is as important as the formation of their professional qualities. For this, it is necessary to restructure the management of their training process in accordance with the requirements of the digital economy.

Keywords: Management in social systems, information technology, competencies, students, future lawyers, lawyers.

В современном обществе в условиях все возрастающей опасности утечек данных, потери цифрового суверенитета, повышения уровня киберугроз особое внимание требуется обращать на подготовку квалифицированных правоведов, владеющих информационными технологиями в значительно большем объеме, чем указано в ФГОС ВО. Под термином «Правовед» понимается специалист в области основ, теории и истории права, отраслей права, основ конституционного строя, законодательства РФ, имеющий высшее юридическое образование. В соответствии с основной образовательной программой ФГОС ВО по направлению подготовки 40.03.01 Юриспруденция целями её освоения является владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией, умение работать с информацией в глобальных компьютерных сетях [1].

В условиях цифровизации возрастаёт актуальность задач совершенствования управления социальной системой «студент-преподаватель» с целью повышения качества обучения ИТ, предполагается еще более широко применять ИТ, различные программные приложения, в том числе офисные средства для ведения документации – текстовые процессоры, электронные таблицы и базы данных.

Для этого в образовательной программе ФГОС ВО предусмотрены дисциплины «Информатика» и «Информационные технологии в правовой деятельности», изучение которых должно сформировать у студентов знания, умения и навыки, без которых невозможно осуществление служебной деятельности. Но без изучения специализированных дисциплин, связанных с практической деятельностью будущих правоведов, невозможно закрепление применения современных ИТ в условиях глобального процесса цифровизации.

Следовательно, при модификации управления процессом обучения будущих правоведов необходимо включить изучение и практическое применение специализированных прикладных программ «Фоторобот», «Оружие», «Розыск» и др., а также технических средств осуществления правовой деятельности [2].

Работа с базами данных «Фоторобот» позволяет обучаемым не только закрепить полученные навыки работы с компьютером, но и научиться составлять фотопортрет по словесному описанию, подготавливать информационно-поисковые карточки на лиц, находящихся в розыске.

Работа с базами данных «Оружие» и «Розыск» дает возможность освоить принципы работы с автоматизированными картотеками и осуществлять поиск по запросам, использовать данные оперативных автоматизированных информационно-поисковых систем в раскрытии преступлений.

Для оптимального достижения указанных целей на практике используются все более и более совершенные средства автоматизации работы с информационными ресурсами и системами. Информационные технологии и системы становятся наиболее эффективными средствами работы с информацией, появляется всё более совершенная специальная техника, изучение и применение которой также должно быть предусмотрено при подготовке студентов в высших учебных заведениях в прикладной дисциплине «Специальная техника». При проведении оперативно-розыскных мероприятий, охране объектов, задержании и конвоировании преступников от будущих сотрудников требуется также практическое владение специальными средствами и специальной техникой. Непосредственное знакомство с программным и аппаратным обеспечением, учетно-регистрационной работой, системами удаленного доступа, способами защиты информации обучаемые получают, как правило, на выездных занятиях в ГУВД, где совместно с преподавателями вуза с ними проводят занятия ИТ-специалисты.

Успешному освоению технических дисциплин способствует демонстрация компонентов и узлов сложных технических систем, обеспечивающих применение ИТ. Так как невозможно реально продемонстрировать всё многообразие технических устройств, для их наглядного представления используются презентации и видео.

При изучении специальной техники важно научить будущих выпускников правовым основаниям их применения, физическим принципам, лежащим в основе работы приборов и устройств, их тактико-техническим характеристикам. Поэтому при изучении курса, особенно в специализированных учебных заведениях, необходимо, по возможности, проводить практические занятия на местности для закрепления полученных знаний, приобретённых умений и навыков.

В настоящее время на вооружении правоохранительных органов поступают новые технические средства, в том числе иностранного производства. Для ознакомления с их использованием в практической деятельности целесообразно планировать выездные занятия в различных правоохранительных органах РФ. При проведении оперативно-тактических учений, каждая группа студентов, в зависимости от специализации на учениях, имеет возможность работы с различными видами специальных технических средств; средствами дактилоскопирования, специ-

альным средствам; следователи – со звукозаписывающей аппаратурой, эксперты – с кино-, фотоаппаратурой и дактосредствами.

При «розыске» подозреваемых «потерпевшие» вместе с «сотрудниками полиции» по словесному портрету составляют на компьютере фоторобот «преступника» и т.д. Это способствует изучению способов применения специальных технических средств в практической деятельности, правильному их использованию и документированию на примере конкретных ситуаций.

Необходимо заметить, что при изучении уже имеющихся приложений и технических средств необходимо закладывать знания, умения и навыки самостоятельного исследования и освоения новых, более совершенных программ и технических средств, то есть готовить выпускников к обучению на протяжении всей жизни.

Следовательно, по мнению авторов, можно сделать вывод, что задачи модификации процесса управления обучения и совершенствование компетенций по информационным технологиям будущих правоведов могут быть решены с использованием комплексного подхода в изучении дисциплин «Информатика», «Информационные технологии правовой деятельности», специализированных прикладных программ, специальной техники и систематизацией имеющихся знаний обучающихся, передачей новых знаний и закладкой основ для дальнейшего самостоятельного освоения ИТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Андреева В.В.* Формирование информационной культуры бакалавров юридического направления // Естественные и технические науки. – Москва, №7, 2018. С 154–158.
2. *O.I. Grevtsev, S.G. Golubev, I.V. Popov.* Interaction of digital economy and higher education at the modern stage (in English). GCPMED-2019 II International Scientific Conference «Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development». ISSN: 2357-1330 https://www.europeanproceedings.com/files/data/article/1030/10167/article_103_0_10167_pdf_100.pdf.

Лукашенко Д.В., доктор психологических наук, доцент, главный научный сотрудник (Научно-исследовательский институт Федеральной службы исполнения наказаний)

ИНФРАСТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СИЛОВЫХ ВЕДОМСТВ

В статье рассмотрены особенности реализации учебного процесса в инфраструктуре информационного обеспечения образовательных организаций силовых ведомств. Это позволит трансформировать учебный процесс в информационную образовательную среду на основе трансдисциплинарности учебных дисциплин.

Ключевые слова: цифровая среда, цифровизация образования, цифровое пространство.

Lukashenko D.V.

THE INFRASTRUCTURE OF INFORMATION SUPPORT OF THE ACADEMIC DISCIPLINE IN THE EDUCATIONAL ORGANIZATION OF LAW ENFORCEMENT AGENCIES

The article considers the features of the implementation of the educational process in the infrastructure of information support of educational organizations of law enforcement agencies. This will transform the educational process into an information educational environment based on the transdisciplinarity of academic disciplines.

Keywords: digital environment, digitalization of education, digital space.

Методика применения специального программного обеспечения (ПО) должна разрабатываться на кафедре и должна входить в состав учебно-методического комплекса (УМК) кафедры. Многие на этапе разработки программы создают интуитивно понятный интерфейс для пользователя, тем самым облегчают работу обучающихся. В данном случае методическая разработка сводится к описанию решаемых учебных задач с исходными данными, которые могут быть различными для каждого обучающегося.

Все ПО должно быть объединено в УМК кафедры и подчинено единой цели – полному обеспечению решения функциональных задач кафедры. Фрагмент такого подхода к решению задач рассмотрим на примере кафедры (рис 1). Реализация такого подхода основана на результатах исследований, которые позволили разработать методику применения информационного обеспечения учебных дисциплин кафедры в единой инфраструктуре.

Блок «Программно-аппаратные средства обучения» включает в себя:

- 1) учебные материалы (лекции, сборники задач, варианты контрольных работ, руководства по выполнению лабораторных работ) в электронном виде;
- 2) компьютерные программы для выполнения лабораторных работ;
- 3) видеопроекционную установку для демонстрации на лекциях видеоинформационных материалов.

Блок «Учебный процесс» включает в себя электронные системы учёта успеваемости (электронный журнал) и тестирования (СТ), позволяющие иметь оперативный доступ к информации о текущей успеваемости, задолженностях каждого обучающегося. Система тестирования позволяет осуществлять допуск к выполнению лабораторных работ, ликвидации задолженностей по контрольным работам. СР позволяет не только успешно пройти систему тестирования,

но и воспользоваться имеющимися электронными средствами обучения вне сетки часов учебных занятий, проводимых ППС кафедры.

Указанная схема ИИО может быть использована всеми кафедрами академии, что приведёт к информационному сопряжению кафедр в единой ИИО образовательной организации. Основные задачи, которые должны быть при этом решены, следующие: разработка единой для кафедр электронной оболочки системы тестирования; разработка типового электронного журнала успеваемости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция трансдисциплинарной методологии [Электронный ресурс] //URL:https://studme.org/51028/filosofiya/kontseptsiya_transdistsiplinarnoy_metodologii (дата обращения: 20.04.2020).

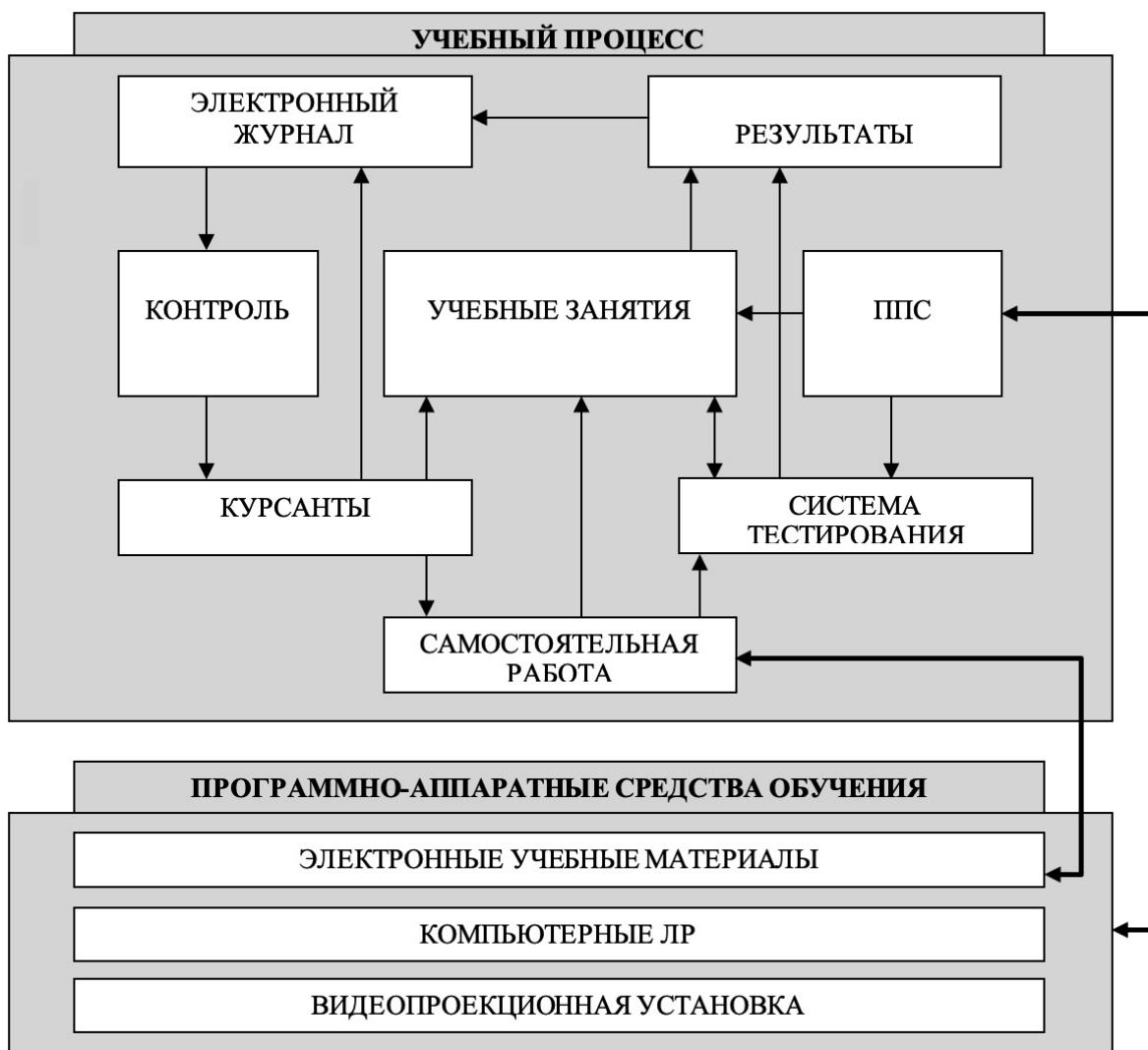


Рис. 1. Инфраструктура информационного обеспечения (ИИО) учебной дисциплины

**Лукашенко Д.В., доктор психологических наук, доцент, главный научный сотрудник
(Научно-исследовательский институт
Федеральной службы исполнения наказаний)**

ОБРАЗОВАННОСТЬ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ КАК УПРАВЛЯЕМЫЙ И ДЕЯТЕЛЬНОСТНЫЙ АСПЕКТ

В статье акцент сделан на образованности обучающегося. Образованность обучающегося представлена как деятельностный и аспект развития личности, связанный с уровнями обученности, возникающими при анализе и усвоении информации.

Ключевые слова: информационные системы, образовательная среда, информационные технологии, автоматизированные информационные системы.

Lukashenko D.V.

EDUCATION OF THE STUDENT, AS A MANAGED AND ACTIVITY-ORIENTED ASPECT

The article focuses on the education of the student. The student's education is presented as an activity and aspect of personal development related to the levels of learning that arise during the analysis and assimilation of information.

Keywords: information systems, educational environment, information technologies, automated information systems.

Политика и стратегия образовательной организации в области качества подготовки специалистов в современных условиях ориентирует деятельность образовательной организации на удовлетворенность Заказчиков специалистов особенно в контексте трансформации системы образования в цифровую среду [1].

Следует учитывать, что спектр Заказчиков может быть существенно расширен военными образовательными организациями и учебными центрами, выступающими в роли заказчиков повышения квалификации своих сотрудников. Отслеживание новизны в сфере образования необходимо обуславливает разработку новых востребованных дополнительных образовательных программ.

Однако, одних намерений, провозглашенных в образовательной миссии образовательной организации, явно недостаточно. Важно показать общественности, что данные намерения политики и стратегии в области качества подготовки специалистов действительно реализуемы.

Рассмотрим модель системы обеспечения качества подготовленности выпускников образовательной организации, а также управляющую систему, ресурсы, силы и средства, с помощью которых система обеспечения качества подготовленности выпускников образовательной организации реализуется.

Главная целевая функция управления образовательным процессом в любом современной образовательной организации является функцией желаемого состояния образованности выпускника, обусловленного требованиями ФГОСов высшего образования и квалификационными требованиями Заказчиков военных специалистов, а также личных потребностей самих обучающихся.

В данном документе под образованностью обучающегося понимается качественное состояние человека, которое он приобретает в процессе целенаправленного обучения и самообразования и которое характеризуется тремя составляющими:

1) духовно-нравственной составляющей образованности, отражающей состояние души человека X1 – понимание категорий добра и зла, справедливости и лицемерного беззакония, ми-роздания) и морально-этический характер поступков по отношению к себе, семье, друзьям, коллегам по работе и т.д.;

2) фундаментальной составляющей образованности, отражающей уровни обученности в по-знании внешнего объективного мира X2 – научное знание моделей и законов физической и со-циальной действительности и методов их исследования (анализа и синтеза), а также владение этими методами для получения новых знаний;

3) функциональной (управленческой) составляющей образованности, отражающей уров-ни обученности должностным функциям служащих персонала органов отраслевого управле-ния X3 – научное понимание должностных функций персонала органов управления, способов и методов принятия управленческих решений и степень их практического освоения.

Как видим, каждая составляющая образованности, в свою очередь, имеет два ярко выраженных аспекта: *познавательный*, который характеризуется такими уровнями обученности, как ознакомление и знание, и *деятельностный*, который характеризуется такими уровнями обу-ченности, как владение методиками, умения и навыки. Очевидно, что эффект всех составляю-щих образованности проявляется только через деятельностный аспект:

духовно-нравственная составляющая образованности – через поступки,

фундаментальная составляющая образованности – через умение исследовать модели реаль-ной действительности,

функциональная составляющая образованности – через правильное выполнение своих обя-занностей по работе (службе).

Такое условное разбиение образованности на составляющие позволит более четко сформи-ровать управляющую систему образовательным процессом с явно выраженным тремя основ-ными контурами управления, в которых управляемыми параметрами являются указанные со-ставляющие образованности обучающегося.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации». (Распоряжение от 28 июля 2017 года №1632-р) [Электронный ресурс] URL: <http://government.ru/docs/28653/> (дата обращения: 20.04.2020).

**Математическое и программное
обеспечение вычислительных машин,
комплексов и компьютерных сетей**

*Сухобоков А.А., кандидат технических
наук, доцент*

Никольский Д.Р.

*(Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский уни-
верситет))*

DOI: 10.25633/ETN.2021.07.14

**ОЦЕНКА МАСШТАБИРУЕМОСТИ АЛГОРИТМА ПРОВЕРКИ ПОЛНОТЫ
И КОРРЕКТНОСТИ СВЯЗЕЙ В СТРУКТУРЕ ДАННЫХ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ МАСТЕР-ДАННЫМИ ОБ АКТИВАХ**

В статье описывается проведенное тестирование масштабируемости алгоритма проверки полноты и корректности связей в структуре данных, предложенной для систем управления мастер-данными об активах, для использования на больших парках активов. Для тестирования был разработан исследовательский стенд на SAP HANA Graph. Приводятся результаты тестирования, показавшие, что в текущем виде алгоритм проверки полноты и корректности связей не позволяет использовать структуру мастер-данных для сколько-нибудь больших парков активов: при выполнении алгоритма на больших объемах данных время работы принимает критически большие значения. Предложены направления дальнейших исследований для того чтобы обеспечить поддержку больших парков активов в системе управления мастер-данными об активах.

Ключевые слова: MDM-система, актив, алгоритм проверки полноты и корректности связей, тестирование масштабируемости.

Sukhobokov A.A.

Nikolsky D.R.

**EVALUATING THE SCALABILITY OF THE ALGORITHM TO CHECK THE LINKS'
COMPLETENESS AND CORRECTNESS IN THE MASTER DATA MANAGEMENT
OF ASSET DATA SOLUTION'S DATA STRUCTURE**

The article describes the scalability testing of the algorithm for checking the links' completeness and correctness in the data structure proposed for the master data management of asset data solution for use on large asset fleets. A research stand was developed for testing on SAP HANA Graph. The results of testing are presented, which showed that in its current version the algorithm for checking links' completeness and correctness does not allow using the master data structure for any large asset fleets: when the algorithm is executed on large amounts of data, the operating time takes critically large values. Directions for further research are suggested to support large asset fleets in the master data management of asset data solutions.

Keywords: MDM solution, asset, algorithm for checking the links' completeness and correctness, scalability testing.

Введение

Системы управления мастер-данными (MDM-системы – от английского термина Master Data Management) наряду с системами управления базами данных (СУБД), хранилищами данных и платформами для обработки больших данных являются неотъемлемой частью технологических платформ, поверх которых строятся корпоративные системы управления [1].

Развитие корпоративных систем управления предъявляет всё более высокие требования к функциональности MDM-систем, они должны иметь свойство мультидоменности, чтобы поддерживать комплексную целостную модель данных и единую стратегию управления мастер-данными для всех направлений бизнеса компании [2,3]. Однако теоретически обоснованное требование мультидоменности MDM-систем в ходе реализации наталкивается на различные проблемы свойственные отдельным доменам. Так, системы управления мастер-данными об активах должны поддерживать около десяти различных представлений мастер-данных об одном и том же парке активов. Эти разные представления используются разными приложениями: финансовым, управления имуществом, управления техническим обслуживанием и ремонтами, планирования логистики, управления производством, охраны объектов, учёта электроэнергии и другими [4].

Объекты этих разных представлений мастер-данных отличаются друг от друга, несмотря на то, что это одни и те же физические объекты. Различие обусловлено разными принципами выделения объектов в разных приложениях: в бухгалтерском учёте группа совместно приобретавшегося и установленного рядом оборудования с одинаковым графиком амортизации может быть объединена в одно основное средство, в техническом учёте выделение идёт на основе разных графиков и состава работ по техническому обслуживанию и ремонту, в имущественном учёте – на основе прав собственности и распоряжения имуществом, которые позволяют продавать, сдавать имущество в аренду и выполнять другие операции с ним. Помимо отличающегося в разных приложениях состава объектов объекты группируются в разные иерархии, отличающиеся по структуре и числу уровней. Однако между всеми различными представлениями одного и того же физического объекта должны быть настроены связи, потому что при проведении работ по техническому обслуживанию надо списать затраты на основное средство, при сдаче объекта в аренду необходимо рассчитать её стоимость с учётом затрат на техническое обслуживание и т.д.

Мультидоменные системы пока что не могут поддержать такое сложное представление мастер-данных об активах [4]. Для реализации комплексного представления мастер-данных об активах в [5] была предложена специальная структура данных, представляющая собой сложный граф, и алгоритмы для проверки полноты и корректности связей в этом графе.

В данной статье решается задача оценки возможности практического использования предложенной структуры данных в системах управления мастер-данными, содержащих сведения о большом парке активов. Нередко в крупных компаниях парк активов может составить миллионы единиц. В отдельных случаях это число может увеличиться до десятков миллионов. Например, среди компаний, внедряющих системы управления активами, распространена оценка, что ОАО «РЖД» имеет около 50 миллионов единиц активов. Масштабируемость MDM-системы зависит от того, как увеличивается время выполнения операций в MDM-системе в зависимости от числа содержащихся там единиц активов. Это важно как для массово выполняемых операций по получению мастер-данных из MDM-системы, так и для регулярно выполняемых операций по проверке полноты и корректности связей во внутренней структуре данных.

Время выполнения массовых операций по получению данных из графовых структур зависит от длины пути до объекта с данными и определяется решениями в конкретной организации по числу уровней иерархии и количеству объектов на каждом уровне. Временные затраты на регулярно выполняемые операции по проверке полноты и корректности связей позволяют нагляднее оценить масштабируемость алгоритмов и структуры данных. Для получения необходимых оценок в среде современной промышленной СУБД SAP HANA был создан исследовательский стенд, позволяющий в среде графового энджина SAP HANA Graph [6,7] генерировать необходимые структуры данных различной сложности и оценивать время выполнения для них операции по проверке полноты и корректности связей.

Особенности используемой структуры мастер-данных об активах

Каждое приложение использует свою собственную иерархию (ракурс) мастер-данных об активах. Все объекты разных ракурсов, представляющие один и тот же физический актив, связаны между собой решёткой связей. Набор связей каждого объекта, относящегося к одному из ракурсов с объектами других ракурсов определяется типом объекта. Пример решётки в случае широкого использования мастер-данных об активах и глубокой интеграции приложений показан на рис.1

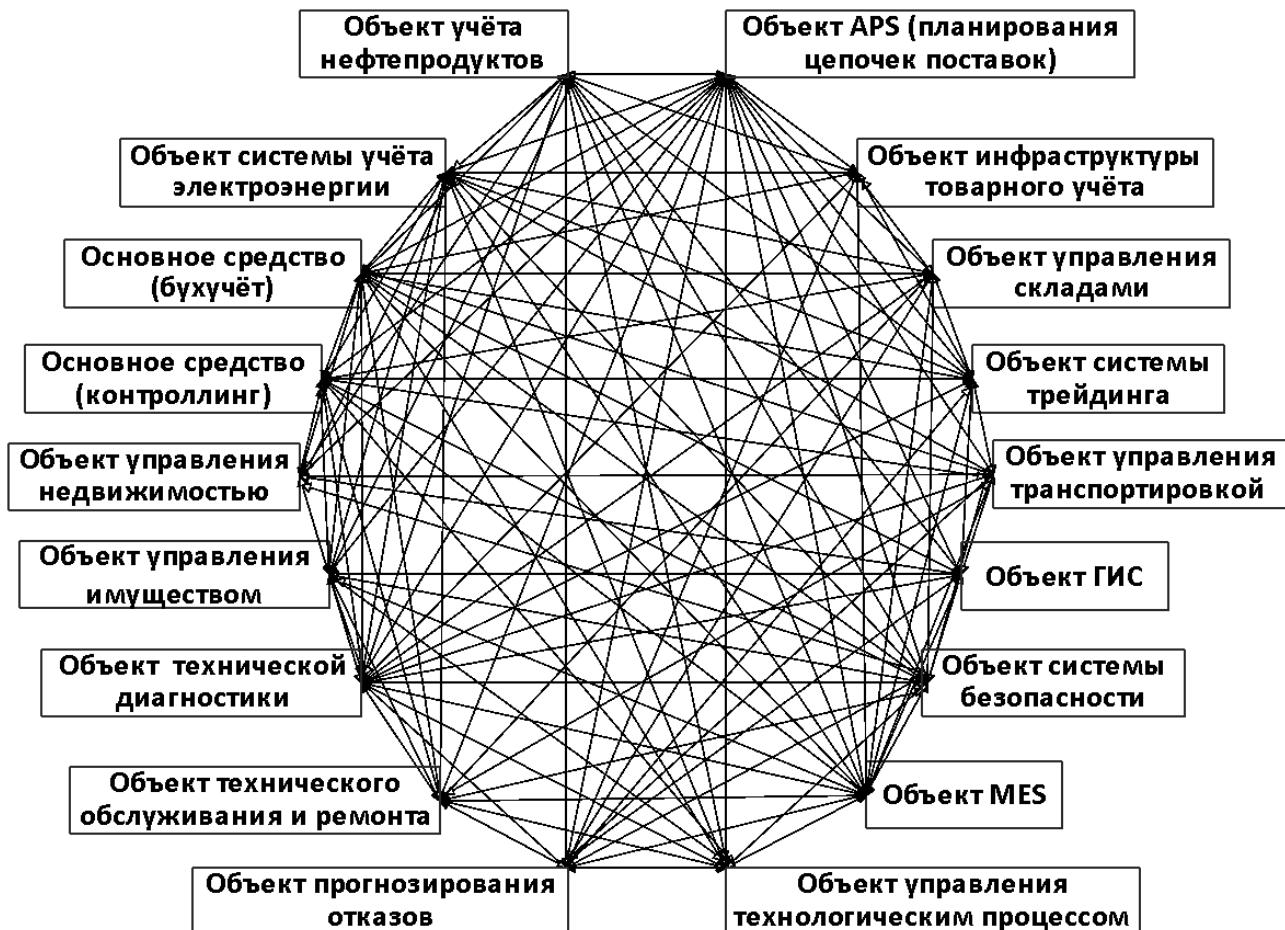


Рис. 1. Пример решётки связей между различными объектами, представляющими один и тот же физический актив

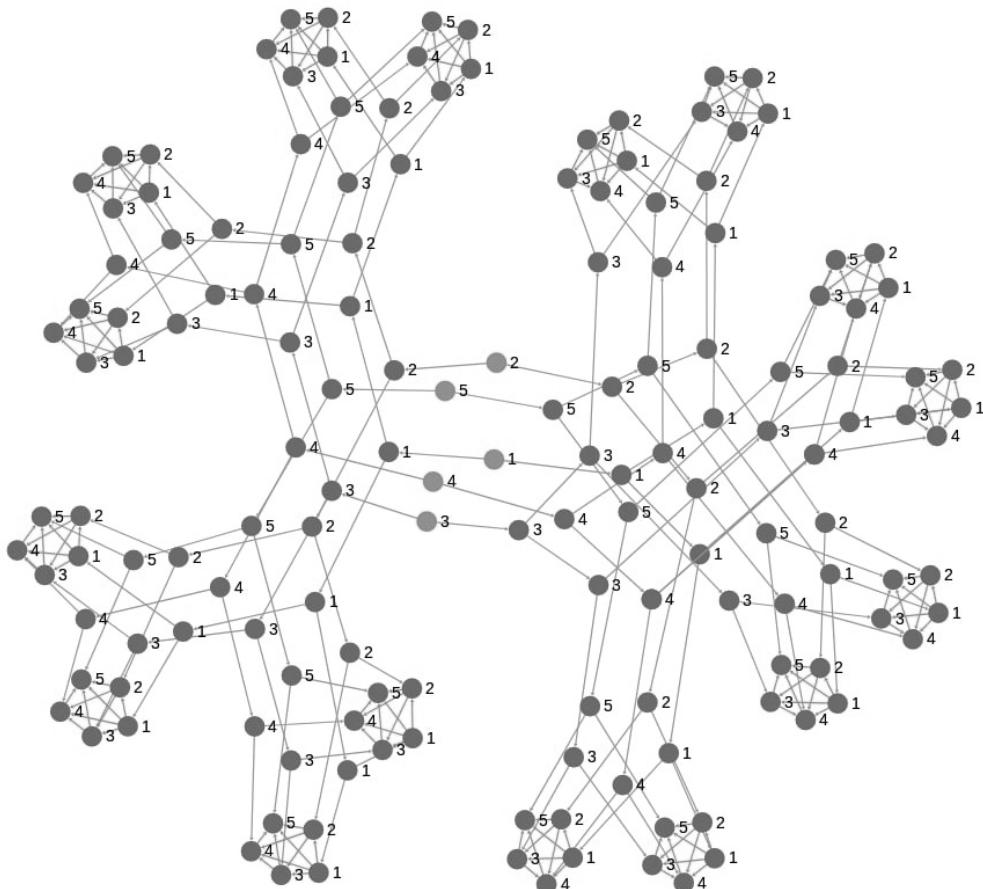
Генерируемые для оценки масштабируемости тестовые графы соответствуют структурам данных, описанным в [5]. Без потери общности получаемых результатов в них используются следующие упрощения:

1. Каждая иерархия представляет из себя сбалансированное дерево с фактором ветвления 2. Это означает, что каждый узел в этом дереве имеет строго 2 дочерних узла, общее количество узлов в иерархии регулируется глубиной этого дерева. Такое решение было принято для воспроизведения общего случая в модели данных.
2. Связи между узлами внутри одной иерархии строго направленные – от узла-родителя к дочернему узлу. Это обеспечит прозрачность переходов между узлами в рамках одной иерархии.
3. Межракурсные связи реализованы ненаправленными для простоты осуществления и отслеживания межракурсных переходов. Так как пакет SAP HANA Graph не поддерживает ненаправленные связи, эта логика поддерживается на уровне прикладного ПО

4. Каждый листовой узел в иерархии связан с каждым соответствующим ему узлом в других иерархиях. Так как каждое дерево имеет одинаковую структуру и одинаковую глубину, эти деревья одинаковы, а значит есть узлы, которые однозначно соответствуют друг другу.

5. Вследствие пункта 4 получаем полно связанный граф-решетку между однозначно соответствующими узлами на последнем уровне иерархии.

На рисунке 2 представлена одна из структур данных, полученных в результате генерации. Это снимок экрана рабочего поля инструмента SAP HANA DATABASE EXPLORER, предложенного компанией SAP в качестве интерфейса для взаимодействия с базой данных конечного пользователя и/или администратора баз данных.



*Рис. 2. Пример сгенерированной структуры данных обозначения узлов:
синий – узлы с типом «наследник»; красный – узлы-корни иерархий. обозначения
ребер: серый – иерархические связи; красный – межрекурсные связи*

Исследование масштабируемости алгоритма проверки полноты и корректности межрекурсных связей

В качестве переменных параметров для экспериментов были выбраны следующие величины:

количество иерархий;

глубина одной иерархии.

Конечное количество листовых узлов в каждой иерархии будет зависеть именно от глубины исходного дерева. Количество же узлов во всем графе дополнительно регулируется количеством этих иерархий в соотношении:

$$C = 2^H \times N,$$

где С – количество узлов в графе;
Н – глубина генерируемого дерева;
N – количество иерархий в графе.

Количество колец, равное количеству реальных активов, составит 2^H .

В качестве измеряемого параметра при исследовании выбрано время работы алгоритма проверки корректности межкурсовых связей, так как время единичного обхода всех связей в графе этим алгоритмом практически однозначно определяет его способность к масштабированию и пригодность к использованию в продуктивной эксплуатации.

Поскольку необходимо наблюдать и оценить характер зависимости времени работы алгоритма от количества колец (реальных активов) и количества иерархий, нужно определить границы, в которых будут изменяться входные параметры. В рамках эксперимента значение Н (глубину генерируемого дерева) изменялись в пределах от 2 до 11, а параметр N (количество иерархий) – в пределах от 2 до 6.

Результаты проведенных замеров на показаны на графиках, приведенных на рисунках 3 и 4.

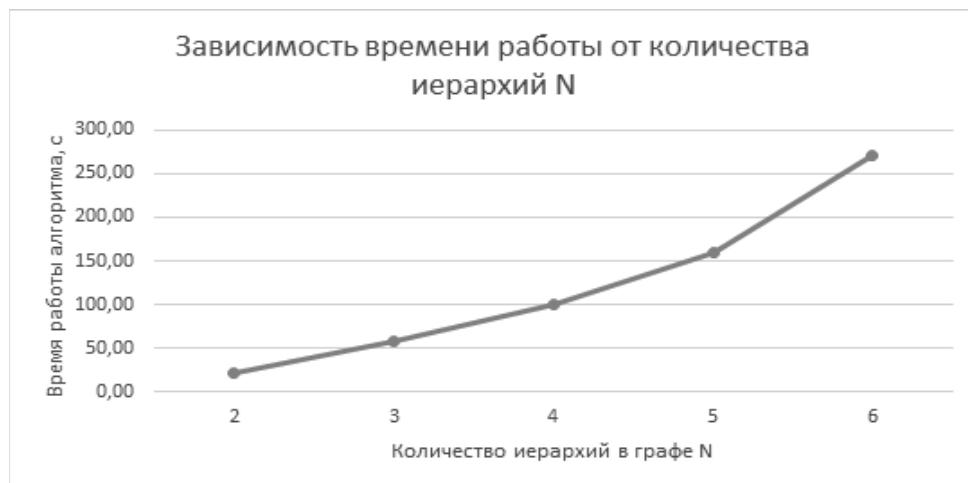


Рис. 3. График зависимости среднего времени работы алгоритма от количества иерархий в структуре данных

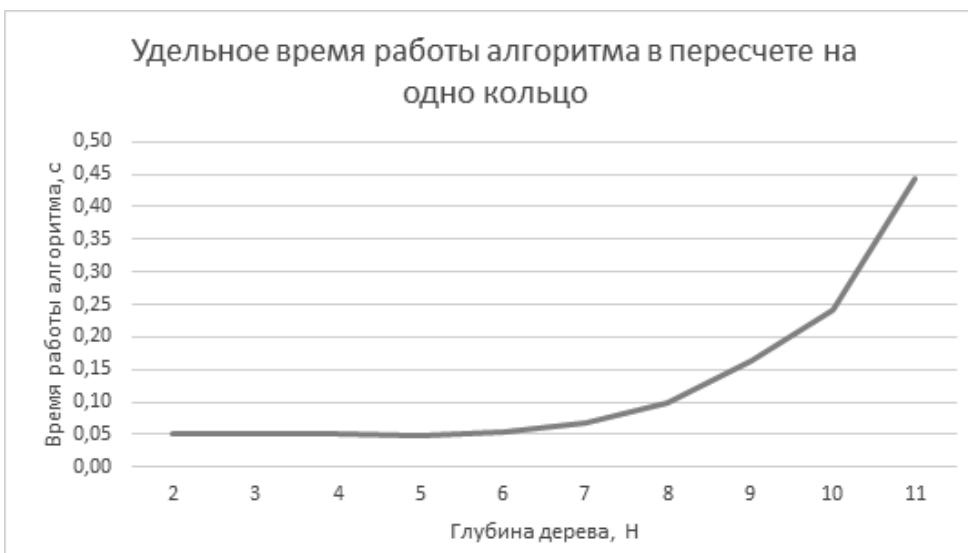


Рис. 4. График зависимости среднего времени работы алгоритма от глубины генерируемого дерева

На представленных графиках видна степенная зависимость между средним временем работы и величиной переменного параметра. Полученные результаты говорят о том, что в текущем виде алгоритм проверки полноты и корректности связей не позволяет использовать рассматриваемую структуру мастер-данных для сколько-нибудь больших парков активов: при выполнении алгоритма на больших объемах данных время работы принимает критически большие значения.

Выводы

Для того чтобы обеспечить работу системы управления мастер-данными об активах с предложенной в [4,5] структурой данных на больших парках активов, необходимы дальнейшие исследования. Возможные направления таких исследований:

- модификация алгоритма проверки полноты и корректности межракурсных связей с целью более полного исключения многократных переходов по одним и тем же связям;
- распараллеливание алгоритма проверки полноты и корректности межракурсных связей для работы кластере, как предложено в [8], что позволит реализовать обработку графа в системе, совмещающей возможности графовой СУБД и графового энджина и выполнять вычисления одновременно на многих серверах;
- модификация графа с использованием более абстрактных структур, таких как гиперграфы, метаграфы, архиграфы, и соответствующее изменение алгоритмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Talburt, J.R., Zhou, Y.* Entity Information Life Cycle for Big Data: Master Data Management and Information Integration. USA, MA, Waltham: Morgan Kaufmann, 2015. 238 p.
2. *Allen, M., Cervo, D.* Multi-Domain Master Data Management: Advanced MDM and Data Governance in Practice. USA, MA, Waltham: Morgan Kaufmann, 2015. 221 p.
3. Magic Quadrant for Master Data Management Solutions. Gartner, ID G00382085 / Walker, S., Dayley, A., Parker, S., Hawker, M., 13 February 2021.
4. Сухобоков А.А., Строгонова В.И. Об одном подходе к реализации системы управления мастер-данными об активах // Программные продукты и системы. 2017. Т. 30, № 1, С. 51–60.
5. Сухобоков А.В., Сухобоков А.А., Михайлов А.Л., Строгонова В.И. Система управления мастер-данными об активах. Патент на изобретение РФ № 2748741 от 31 мая 2021 г.
6. Rudolf, M., Paradies, M., Bornhövd, C. & Lehner, W. The graph story of the SAP HANA database // Markl, V., Saake, G., Sattler, K.-U., Hackenbroich, G., Mitschang, B., Härdter, T. & Köppen, V. (Hrsg.), Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web (BTW) 2037. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., 2013, pp. 403–420.
7. Hwang, M. Graph Processing Using SAP HANA: A Teaching Case // e-Journal of Business Education & Scholarship of Teaching Vol. 12, No. 2, September 2018, pp. 155-165.
8. Никольский Д.Р. Развитие графовой модели данных для системы управления мастер-данными об активах // Студенческая научная весна 2018. – М.: Научная библиотека, 2018. С. 271–272

Сухобоков А.А., кандидат технических наук, доцент

Труфанов В.А.

Столяров Ю.А.

Садыков М.Р.

Елизаров О.О.

(Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет))

DOI: 10.25633/ETN.2021.07.15

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ МЕТАГРАФОВАЯ СУБД НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН

В статье приводятся архитектурные и технические решения, принятые в ходе исследовательского проекта по разработке метаграфовой СУБД с групповым подтверждением вносимых данных. Для этой СУБД рассмотрены различные варианты реализации метаграфовой модели, выбран реляционный подход и предложена даталогическая модель, состоящая из шести таблиц. В качестве среды хранения выбрана PostgreSQL. Приведены оценки сложности и обзор возможных ограничений реализации физической модели хранения метаграфа на программном уровне, выбрано решение на основе списков смежности. Для обеспечения высокой скорости доступа на чтение используется распределенное хранение и распространение копий базы данных на основе технологии блокчейн с алгоритмом консенсуса Proof of Stake, что позволяет обеспечить высокий уровень защиты базы данных от несанкционированных изменений. Предложены структуры данных для хранения изменений БД в рамках последовательности записей блокчейн. Выбран стойкий алгоритм проверки и подписания транзакции. В заключении рассмотрены направления дальнейших исследований и условия использования результатов исследования при проектировании и разработке индустриальных программных продуктов.

Ключевые слова: метаграфовая СУБД, распределённая база данных, метаграф, блокчейн, реляционная СУБД, Proof of Stake, PostgreSQL, хеширование, дерево Меркля.

Sukhobokov A.A.

Trufanov V.A.

Stolyarov Yu.A.

Sadykov M.R.

Elizarov O.O.

DISTRIBUTED METAGRAPH DBMS BASED ON BLOCKCHAIN TECHNOLOGY

The article provides architectural and technical solutions adopted within a research project to develop a metagraph DBMS with a group confirmation of the entered data. For this DBMS, various options for implementing the metagraph model are considered, a relational approach is chosen, and a logical data model consisting of six tables is proposed. PostgreSQL was chosen as the storage environment. Estimates of the complexity and an overview of possible limitations of the implementation of the physical model of storing the metagraph at the software level are given; a solution based on adjacency lists is chosen. To ensure high speed of read access, distributed storage and distribution of database copies based on blockchain technology with the Proof of Stake consensus algorithm is used, which ensures a high level of database protection against unauthorized changes. Data structures are proposed for storing database changes within a sequence of blockchain records. A robust algorithm for verifying and signing the transaction has been selected. In conclusion, the directions of further research and the conditions for using the research results in the design and development of industrial software products are considered.

Keywords: metagraph DBMS, distributed database, metagraph, blockchain, relational DBMS, Proof of Stake, PostgreSQL, hashing, Merkle tree.

Введение

Задачи структуризации и хранения данных при разработке систем управления не тривиальны ввиду постепенно увеличивающегося числа элементов ИИ и возрастающей сложности используемых моделей, в том числе моделей с использованием графов. Существуют различные подходы, позволяющие нивелировать рост сложности моделей. В данной статье рассматривается подход на основе метаграфов, предложенный в работе [1]. Его применение позволяет использовать несколько уровней абстракции и иерархически детализировать модели.

Метаграф – это один из видов сложных графов, который помимо множества вершин (V) и связывающих их ребер (E), содержит множества метавершин (MV) и метаребер (ME), т.е метаграф (MG) = $\langle V, MV, E, ME \rangle$. Метавершины, вершины, метарёбра и рёбра характеризуется множеством атрибутов. Метавершина отличается от обычной вершины тем, что включает фрагмент метаграфа MG , который может включать другие метавершины, вершины, метарёбра и рёбра. Метаребро отличается от обычного ребра возможностью включения фрагмента метаграфа MG , который может включать другие метавершины, вершины, метарёбра и рёбра. Метаребро соединяет вершины и метавершины в любом сочетании. Также как обычные рёбра, метаребра могут быть направленные и ненаправленные.

По аналогии с использованием многочисленных графовых СУБД [2], по мере распространения использования метаграфов можно ожидать появления различных метаграфовых СУБД. В данной статье описывается разрабатываемая метаграфовая СУБД с коллективным подтверждением транзакций. Необходимость в такой функциональности возникает во многих случаях, например:

- все изменения в документацию и вики проекта программного проекта с открытым доступом должны быть согласованы основными контрибьюторами проекта;
- материалы проектов совместной хозяйственной деятельности должны согласовываться всеми инвесторами;
- операции хозяйственной деятельности кооперативов и кооперативных объединений должны утверждаться членами кооперативов.

Для обеспечения коллективного подтверждения транзакций целесообразно использовать технологию блокчейн. На её основе в статье предлагается система хранения одной и той же совокупности метаграфов на нескольких клиентах с возможностью подтверждения изменения транзакций средствами блокчейн. Наиболее адекватным решаемым задачам будет механизм подтверждения транзакций Proof of Stake (PoS), в котором решение подтверждается группой валидаторов, при этом могут учитываться их весовые коэффициенты. Общая технологическая архитектура разрабатываемой системы представлена на рис. 1.

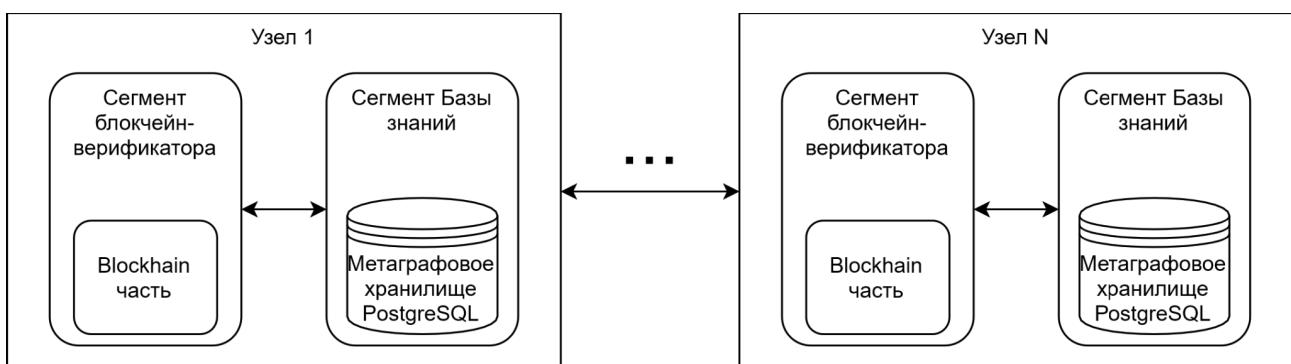


Рис. 1. Технологическая архитектура проектируемой системы

Хранение метаграфовой модели на физическом уровне

Используемая в системе метаграфовая модель является развитием положений, сформулированных в статье [3]. Для хранения метаграфовой модели, которая является аналогом логической модели СУБД, требуется реализовать физическую модель на основе существующих моделей хранения данных. В работе [3] представлены 3 варианта упрощённых физических моделей: на основе плоского графа, документоориентированная и реляционная, а также приведены результаты экспериментов для сравнения реализаций этих моделей. Исходя из результатов экспериментов ArangoDB с плоской графовой моделью показывает лучшую производительность в среднем по операциям добавления, редактирования и поиска элементов метаграфа. Тем не менее, ввиду того что тестились упрощённые модели, и в ходе тестирования не были разработаны полноценные метаграфовые СУБД, позволяющие оценить эксплуатационные характеристики созданных систем, нами в ходе проектирования сделан выбор в пользу реляционной модели.

Этот выбор обусловлен простотой реляционной модели, её возможностями обеспечения целостности и защиты данных, а также простотой интеграции с механизмами блокчайна. Для использования выбрана СУБД PostgreSQL. При принятии этого решения учитывалось, что выбор в пользу реляционной модели был также произведен в работе [4], в которой проектировалось графовое хранилище с большим числом атрибутов. Для тестирования рассматривались варианты на основе популярных реляционных и графовых СУБД. В результате проведения нагрузочных тестов, учитывающих обращения множества клиентов к базе данных, наиболее сбалансированным вариантом по операциям изменения топологии, поиска путей и извлечения атрибутов стало предлагаемое в [4] хранилище на основе реляционной СУБД с хранением атрибутов в JSON формате, в котором была произведена настройка индексов и оптимизация запросов. Такой вариант архитектурно похож на вариант PostgreSQL с использованием документоориентированных возможностей.

Используемая даталогическая модель представлена на рис. 2. Суммарно поддерживаются десять связей 1:М для описания вложенностей и соединений вершин/мета вершин с помощью рёбер/метарёбер.

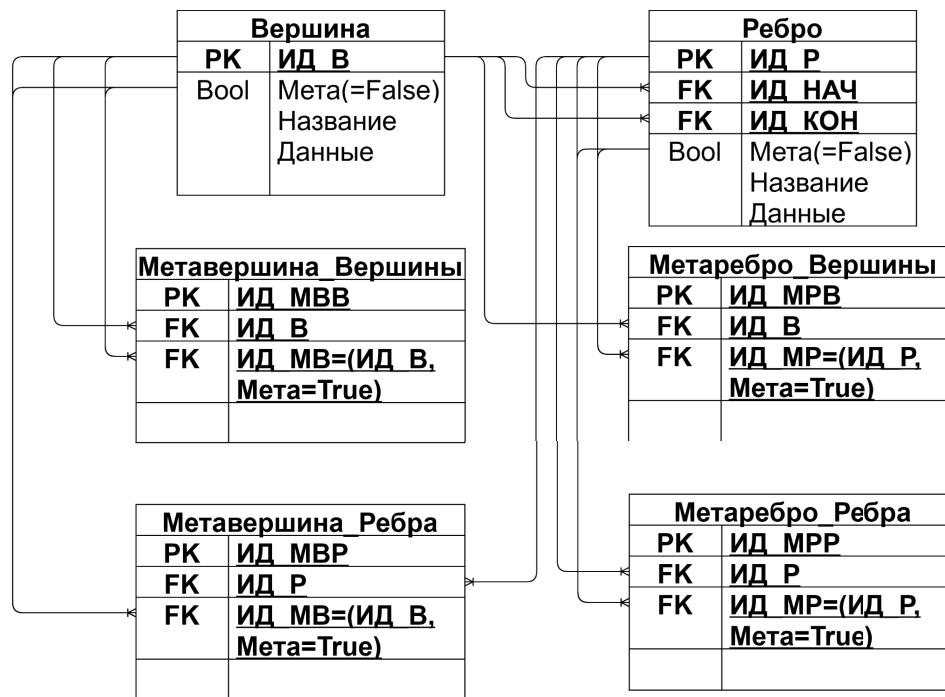


Рис. 2. Реляционная “физическая” модель

По результатам экспериментов [3] можно заключить, что поиск с большой глубиной реляционная модель производит значительно медленнее, чем графовая, поэтому в проектируемой системе поиск по структуре метаграфа целесообразно реализовывать на прикладном уровне, загружая метаграф или его часть в оперативную память. Такой подход, безусловно, ограничивается как аппаратными возможностями (размером памяти, скорость считывания данных с диска), так и малой эффективностью выгрузки большого массива данных из базы данных. Однако, учитывая результаты производительности реляционной модели после оптимизации в работе [4] предполагается, что эта проблема не будет играть превалирующую роль.

Хранение метаграфовой модели на программном уровне

Стандартными структурами данных для хранения графа в ОП являются матрица и список смежности [5]. Для более эффективного использования памяти было решено выбрать за основу список смежности, имеющий сложность $O(V+E)$ против $O(V^2)$ для матрицы смежности. Сравнение по базовым операциям, приведенное в [5] представлено в таблице 1.

Таблица 1

Требование к ресурсам для типичных реализаций графовых структур

Структура данных	Расход памяти	Добавление ребра	Проверка смежности	Итерация по смежным вершинам
Матрица смежности	V^2	1	1	V
Список смежности	$V+E$	1	степень(v)	степень(v)

Для метаграфа, очевидно, требуется модификация классического представления списка смежности ввиду более сложной графовой модели. Подобный подход применялся в работе [6]. Для разрабатываемой системы с учетом используемого описания метаграфа предлагается следующая модификация: для каждой вершины создается два списка смежности: первый – для метасвязей, второй для рёбер, соединяющие элементы метаграфа. Под метасвязью понимается особый вид ребра, служащий для обозначения вложенности в метаграфе. Метасвязи полагаются только направленными рёбрами, началом которых служит метавершина, а концом является вложенный в метавершину элемент метаграфа. Таким образом, с помощью метасвязей возможно описать фрагмент метаграфа, который вложен в метавершину. Схематично этот подход представлен на рис. 3.

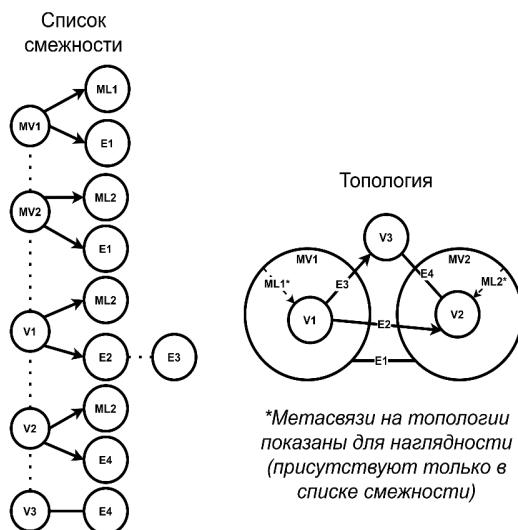


Рис. 3. Предлагаемый список смежности для метаграфовой модели

На рисунке MLi обозначает метасвязи, а Li – обычные ребра между элементами метаграфа, Vi – элемент списка (массива) вершин метаграфа. Направленные ребра присутствуют только в списке исходной вершины, метасвязи и ненаправленные ребра – в списках обеих вершин.

В некоторых случаях метавершины можно отождествить с наличием исходящих метасвязей в списке метасвязей. При отсутствии исходящих метасвязей вершина полагается стандартным графовым элементом. При необходимости статус метавершины возможно кешировать в качестве свойства, чтобы осуществлять проверку наличия вложенных элементов за $O(1)$.

Используя такую структуру данных, операции с мета-отношениями имеют сложности, аналогичные стандартной графовой модели [5]:

1. Возможно определить все вершины, в которые вложена данная и все вершины, которые вложены в текущую за $O(\text{meta-degree}(v))$, то есть пропорционально степени вершины по мета-отношениям.

2. Добавление вершины в метавершину осуществляется за $O(1)$ (эквивалентно добавлению ребра).

3. Удаление объекта из метаграфа занимает в худшем случае $O(\text{degree}(v)+\text{meta-degree}(v))$ при условии удаления всех связей вершины.

Для обхода предлагаемой структуры данных возможно использовать стандартные алгоритмы поиска в глубину и ширину, имеющие сложность $O(V+E)$ [5]. В рамках рассматриваемой структуры данных требуется их модификация для учета метасвязей при обходе графа, а также при расчете расстояний следует определить, каким способом учитывается прохождение маршрута через метасвязь. При этом оценка сложности остается прежней, если множество ребер включает метасвязи наряду с обычными ребрами.

Изложенное выше решение описывает работу с метавершинами на программном уровне, аналогичный механизм с использованием метасвязей применяется для метарёбер. Не будем его приводить, чтобы не загромождать статью.

Задача целостности данных средствами блокчейн

База данных, поддерживаемая разрабатываемой СУБД будет реплицируемой распределенной в сети, поскольку потенциально каждый узел (нода) является византийским, поэтому необходимо подтверждение аутентичности локальной БД на каждом узле. Данная проблема формально описана в задаче «византийских генералов» [7], которая решается при разработке блокчейн-платформ.

Рассмотренные во введении прикладные задачи, для решения которых разрабатывается данная СУБД, в большинстве случаев характеризуются участием множества участников, имеющих неравные доли владения, и наличием права голоса (подтверждения транзакций) только у части из них. Поэтому для подтверждения достоверности транзакций выбран механизм Proof-of-Stake (PoS). При этом скорость обновления аутентичности базы данных составляет время между валидацией последнего блока в цепочке блоков и доставки изменений до узла.

В разрабатываемой системе каждая транзакция хранит хэши состояния базы данных до и после изменений, вносимых транзакцией, которые вычисляются с помощью криптографически стойкой хеш-функцией на основе алгоритма Keccak (SHA-3) [8]. Сама транзакция подписывается ключом владельца транзакции (рис. 4).

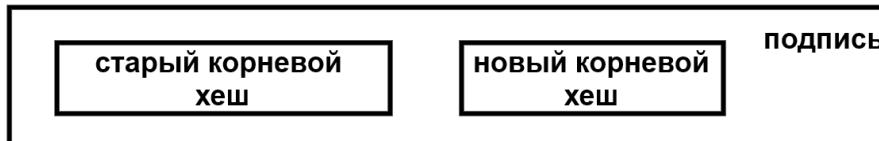


Рис. 4. Структура транзакций в системе

Транзакции помещаются в блоки, которые образуют цепочку – связанный односторонний список, каждый элемент которой хранит ссылку на хэш предыдущего [9]. В самом блоке помещается N транзакций, не зависящих друг от друга, следующее состояние базы формируется из применения всех транзакций блока. Хэш следующего корня вычисляется на основе хешей новых состояний всех транзакций, а для хеша блока используется полученный общий хеш и сами транзакции. Описанная схема представлена на рисунке 5:

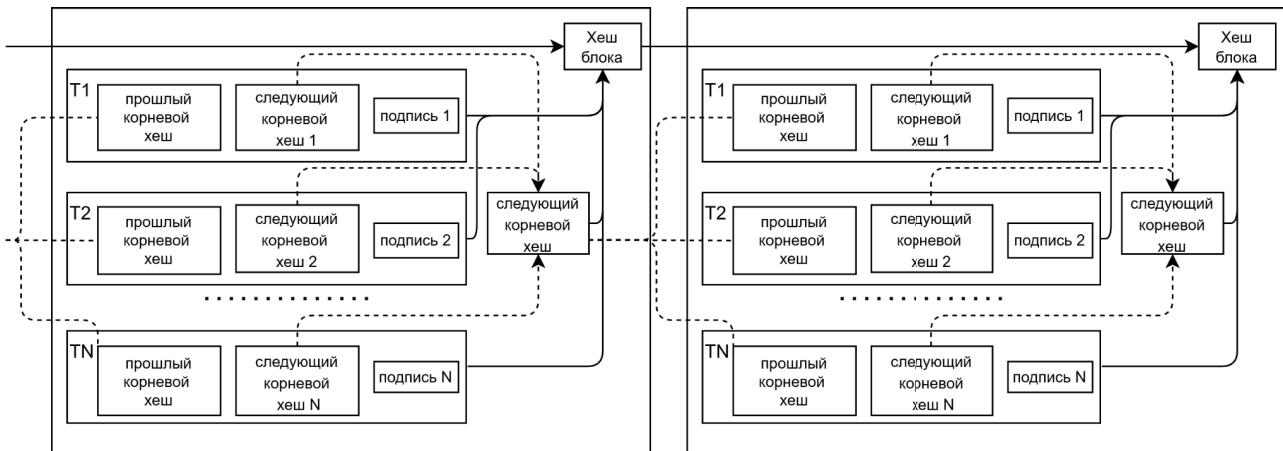


Рис. 5. Структура блоков в системе

Хэш блока основан на построении хеш-дерева, или дерева Меркла [9]. От каждой пары транзакций, поместившихся в блок, берется хэш. От получившихся хешей попарно снова берется хэш. Операция продолжается, пока не вычислен единственный хэш, который называется корнем дерева Меркла (рис. 6), на него ссылается новый блок из цепочки.

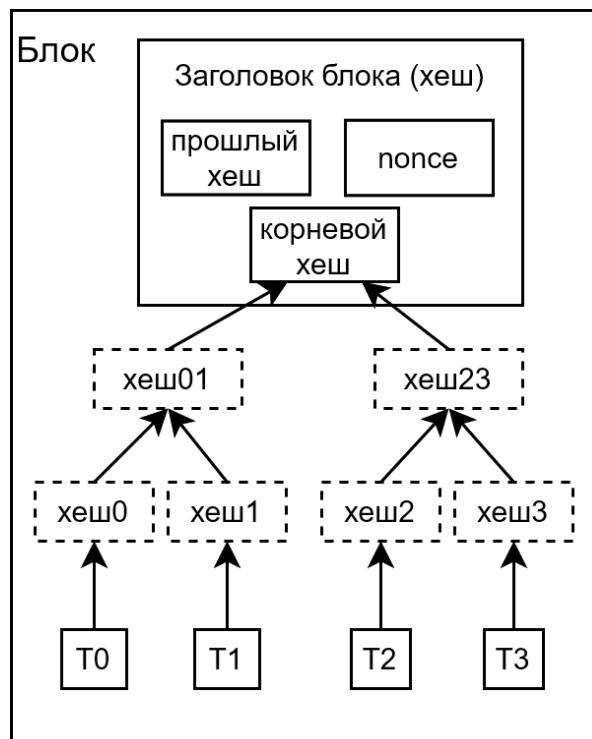
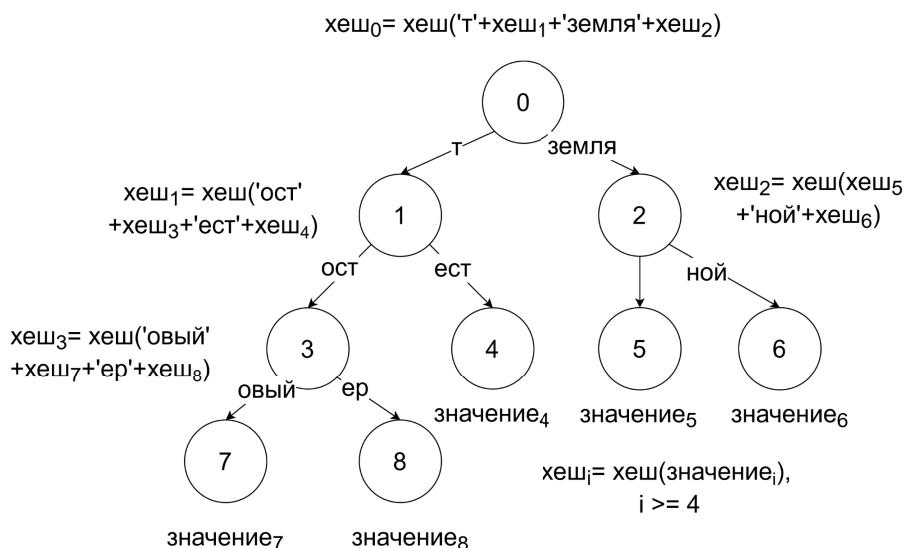


Рис. 6. Структура дерева Меркла

Благодаря гарантиям криптографической стойкости алгоритмов полагается, что подобрать идентичный хэш вычислительно неосуществимо, а значит подменить блок невозможно. Любое изменение в списке влечет несоответствие при верификации цепочки блоков.

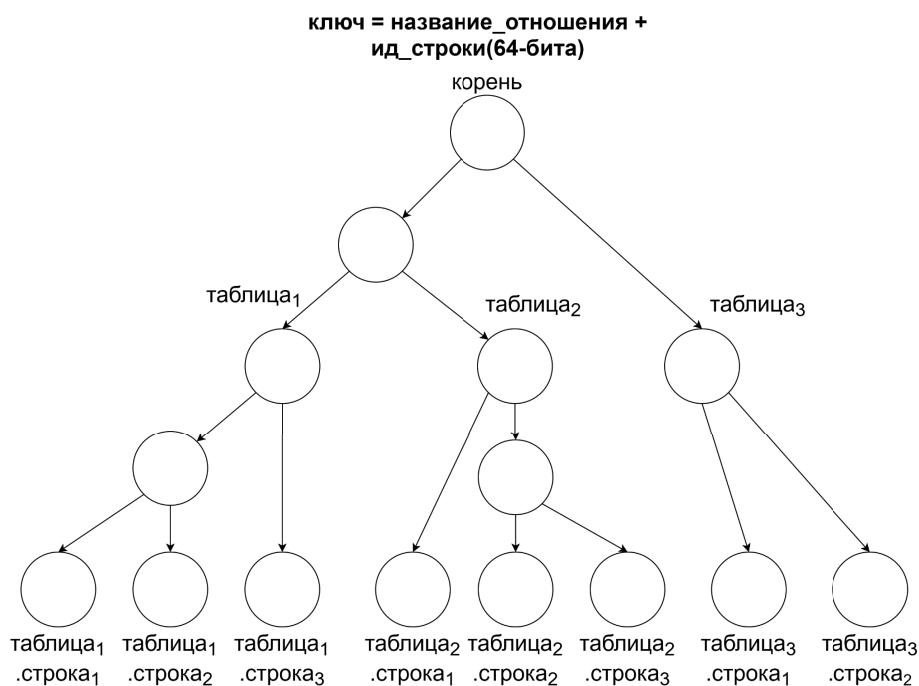
Хранение изменений БД в транзакциях и их проверка

Состояние базы данных представляется в системе модификаций дерева Меркла – префиксным деревом Меркла. Такая структура подходит для хранения пар ключ-значение. Помимо значений в вычислении хеша участвуют префиксы. Пример подобного дерева приведен на рисунке 7:



Rис. 7. Префиксное дерево Меркла

Реляционную БД можно также привести к хранилищу ключ-значение: в качестве префикса используется идентификатор строки таблицы БД и название отношения, а значение представляет собой сам кортеж. Тогда схему составления префиксного дерева Меркла для БД можно представить следующим образом (рис. 8):



Rис. 8. Префиксное дерево Меркла в контексте БД

Хэширование происходит попарно, построчно, но в рамках родительской таблицы. Таким образом берется хэш от одной таблицы. Далее попарно берутся хэши от полученных ранее хэшей таблиц. На заключительном этапе формируется корень дерева – текущее состояние БД.

Изменения в БД приводят к добавлению или удалению вершин дерева, а также обновления хешей вдоль пути до корня. В качестве примера рассмотрим пример транзакции и действия пользователя для подписания транзакции (рис. 9).

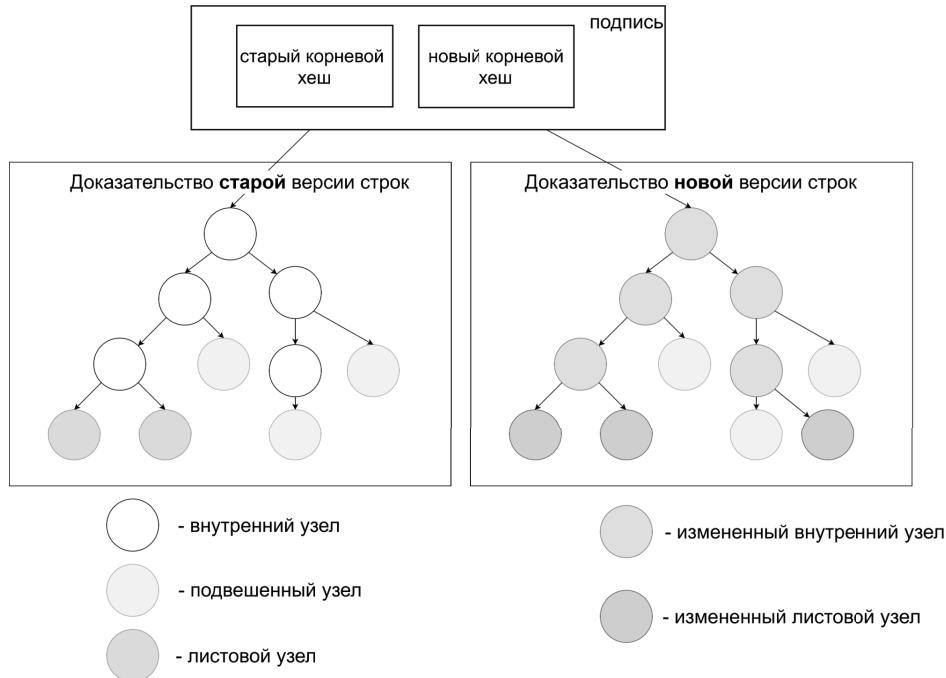


Рис. 9. Проверка и подписание транзакции

Сначала пользователь удостоверяется, что значения в исходном состоянии (отмечены зеленым) правильные. Для построения доказательства используется не все данные в БД, часть данных, которую пользователь не изменяет представляет собой набор висячих вершин (отмечены желтым). В новом состоянии он проверяет обновлённые и добавленные значения (отмечены красным), при этом внутренние вершины изменили свой хеш (отмечены синим), а не затронутые данные остались без изменений (желтые вершины). После проверки изменений, пользователь подписывает транзакцию, которая задается двумя хешами корней деревьев – состояний до и после изменений в БД.

Такая схема хранения состояний не накладывает ограничений на используемые данные в таблицах и подходит для интеграции с рассмотренной ранее метаграфовой моделью. Изменения состояний в таком случае связано с редактированием топологии метаграфа и связанных с ним атрибутов. Для оптимизации размеров деревьев возможно построения раздельных деревьев для топологии метаграфа и атрибутов.

Для выполнения сложных операций, предполагающих последовательность или более сложный алгоритм внесения взаимосвязанных изменений в системе предполагается использовать смарт-контракты [10].

Выводы

В связи с развитием методов ИИ и сетевых технологий возникает потребность в много-пользовательской системе хранения сложных моделей данных с высоким показателем надежности. В результате анализа технологий хранения подобных данных и проверки их аутентичности предлагается система на основе реляционной СУБД, реализующей метаграфовую модель. Верификация актуальной версии базы данных обеспечивается средствами Blockchain.

Распределённая база данных на метаграфах с подтверждением в блокчейн-сети, позволяет улучшить устойчивость к фальсификации данных и устойчивость к выводу базы данных из строя.

Изложенный в статье материал является отправной точкой для обсуждения и последующих исследований. В ходе разработки и тестирования предполагается проверить скорость работы системы в условиях конкретной блокчейн-сети. При получении хорошей производительности результаты исследовательского проекта могут быть использованы одним из больших вендоров для создания индустриально поддерживаемого программного продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самохвалов Э.Н., Ревунков Г.И., Гапанюк Ю.Е. Использование метаграфов для описания семантики и прагматики информационных систем // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Приборостроение». 2015. Вып. № 1. С. 83–99
2. DB-Engines Ranking of Graph DBMS [Электронный ресурс]. URL: <https://db-engines.com/en/ranking/graph+dbms> (Дата обращения: 20.05.2021).
3. Chernenkiy, V., Gapanyuk, Y.E., Kaganov, Y., Dunin, I., Lyaskovsky, M., Larionov, V. Storing Metagraph Model in Relational, Document-Oriented, and Graph Databases. // DAMDID/RCDL, 2018, pp. 82–89
4. Wen Sun, Achille Fokoue, Kavitha Srinivas, Anastasios Kementsietsidis, Gang Hu, Guotong Xie. SQLGraph: An Efficient Relational-Based Property Graph Store. // Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2015. pp. 1887-1901. DOI: 10.1145/2723372.2723732.
5. Robert Sedgewick, Kevin Wayne. Algorithms, 4th Edition. // Addison-Wesley, 2011. pp. 524-527, p.531, p.540.
6. D. Gaur, A. Shastri and R. Biswas. Metagraph: A New Model of Data Structure. International Conference on Computer Science and Information Technology. // Singapore, 2008, pp. 729-733. DOI: 10.1109/ICCSIT.2008.72.
7. Lamport, L.; Shostak, R.; Pease, M. (1982). The Byzantine Generals Problem // ACM Transactions on Programming Languages and Systems. 4 (3), Q1 2018. pp. 382–401. DOI: 10.1145/357172.357176.
8. The Keccak sponge function family // [Электронный ресурс]. URL: <https://keccak.team/index.html> (Дата обращения: 10.05.2021).
9. Satoshi Nakamoto. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. // 2008. pp. 2–4.
10. Introduction to smart contracts. // [Электронный ресурс]. URL: <https://ethereum.org/en/developers/docs/smart-contracts/> (Дата обращения: 10.05.2021).

Фомин А.И., преподаватель
(Военно-космическая академия имени
А.Ф. Можайского Министерства обороны
Российской Федерации)

ОЦЕНКА СЛОЖНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИЗАССЕМБЛИРОВАННОГО КОДА ИСПОЛНЯЕМЫХ ПРОГРАММ

В статье предложен подход к оценке сложности анализа дизассемблированного кода исполняемых программ. Показана необходимость применения индикатора последовательности команд в условиях использования энтропийной метрики Берлингера.

Ключевые слова: метрика Берлингера, индикатор группы команд, оценка сложности.

Fomin A.I.

ESTIMATION OF THE DIFFICULTY OF THE DISASSEMBLED CODE OF THE EXECUTED PROGRAMS

The article proposes an approach to assessing the complexity of analyzing the disassembled code of executable programs. The necessity of using the command sequence indicator under conditions of using the Berlinger's entropy metric.

Keywords: Berlinger metric, command group indicator; code complexity estimate.

Введение. Сложность анализа современного программного обеспечения с целью поиска уязвимостей характеризуется, прежде всего, большим объемом программного кода. Поэтому, эффективность применения соответствующих программных комплексов по автоматизации анализа различных типовых программных конструкций в дизассемблированном коде исполняемых программ в значительной степени зависит от предварительной оценки сложности исследуемого кода.

Подход к оценке сложности анализа дизассемблированного кода исполняемых программ.

В настоящее время применение метрик программного кода позволяет разработчикам оценивать количественные и качественные характеристики создаваемого программного обеспечения априорно. Анализ классификации программных метрик, опубликованных в ряде статей [1], [2], показывает, что большинство известных метрик подходит для оценки сложности программ, написанных на языках высокого уровня.

В данной статье рассматривается подход к оценке сложности анализа дизассемблированного исполняемого кода на примере энтропийной метрики Берлингера [3]. Математически эта метрика записывается следующим образом:

$$M = - \sum_{i=1}^n f_i \cdot \log_2 p_i , \quad (1)$$

где f_i – частота появлений соответствующей команды в программе,

p_i – вероятность появления команды, равная относительной частоте появления соответствующей команды в программе.

Таким образом, чем больше команд с наименьшими соответствующими значениями вероятностей встретится в программе, тем большим будет значение метрики M .

Опыт исследования дизассемблированного кода исполняемых программ показывает, что метрика Берлингера больше подходит для оценки сложности программного кода на языках высокого уровня, поскольку она рассматривает операторы языка по отдельности. При анализе программного кода на языке ассемблер для оценки сложности программ необходимо рассматривать команды не по отдельности, а в совокупности или группами. В связи с этим, для оценки сложности программного кода на языке ассемблер предлагается подход на основе модификации метрики Берлингера. Введем следующие обозначения:

Пусть $A = \{a_1, a_2, \dots, a_N\}$ – алфавит, в котором каждому символу соответствует одна команда языка ассемблера; $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$ – вероятности появления соответствующих символов в текстах программ на языке ассемблера; $P(b_1 b_2 \dots b_n)$ – вероятность появления группы команд $b_1 b_2 \dots b_n$.

Пусть T – программа, сложность анализа которой требуется оценить. Обозначим $f_T(b_1, \dots, b_n)$ – количество групп команд $b_1 \dots b_n$ в программе T .

Тогда метрику сложности программы T можно определить следующим образом:

$$M_n(T) = - \sum_{a_1, \dots, a_n} L_A(a_1, \dots, a_n) \cdot f_T(b_1, \dots, b_n) \cdot \log_2 P(b_1 b_2 \dots b_n), \quad (2)$$

где $L_A(a_1, \dots, a_n)$ – индикатор группы команд (последовательности) a_1, \dots, a_n в алфавите A . Определим его следующим образом: $\forall a_i \in A$:

$$L_A(a_1, \dots, a_n) = \sum_{i=1,2,\dots,n} L_A(a_i), \quad (3)$$

где $L_A(a_i)$ – индикатор команды в алфавите A .

Введение индикатора группы команд $L_A(a_1, \dots, a_n)$ обусловлено тем, что некоторые команды ассемблера могут характеризоваться относительно высокой вероятностью появления. Например, существенное увеличение числа команд условных переходов происходит в результате применения запутывающих преобразований к управляющей логике программы. Большое количество таких команд может существенно затруднить оценку сложности анализа дизассемблированных программ. Однако, такие усложнения не приводят к увеличению значений метрики Берлингера. Поэтому, для получения более объективных оценок сложности анализа необходимо использование индикатора группы команд.

Вывод. Таким образом, в статье предложена метрика оценки сложности программного кода на основе модификации известной метрики Берлингера. Введено понятие индикатора группы команд или последовательности команд, что позволяет более точно оценивать сложность анализа программного кода применительно к дизассемблированным исполняемым программам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Милютин А. Метрики кода программного обеспечения <http://www.viva64.com/ru/a/0045/>, 2009.
2. D. Kafura and G. Reddy «The Use of Software Complexity Metrics in Software Maintenance», IEEE Transactions on Software Engineering, March 1987.
3. Cook C.R. Information theory metric for assembly language, Oregon State University Corvallis, Oregon, 97331-3202.

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

*Трофимец Е.Н., кандидат педагогических наук, зав. кафедрой
(Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий)*

О ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДАХ РЕШЕНИЯ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В MS EXCEL

В данной работе рассматриваются численные методы решения задачи Коши в MS Excel. Освещена идея методов Эйлера и Рунге-Кутты для решения практико-ориентированной задачи. Представлены классические формулы методов Эйлера и Рунге-Кутты. Обосновано применение табличного процессора MS Excel для решения задачи Коши. Даны разъяснения, что в основе построения дискретной задачи Коши лежит способ замены дифференциального уравнения его дискретным аналогом. Разработаны компьютерные модели-шаблоны для решений и оценки погрешности. Приведены этапы алгоритма решения задачи Коши в MS Excel. Рассчитана оценка погрешности решения исправленным и модифицированным методами Эйлера на базе разработанной компьютерной модели. Проведен сравнительный анализ численных методов Эйлера и Рунге-Кутты.

Ключевые слова: численные методы, обыкновенные дифференциальные уравнения.

Trofimets E.N.

ABOUT NUMERICAL METHODS FOR SOLVING ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS IN MS EXCEL

In this paper, numerical methods for solving the Cauchy problem in MS Excel are considered. The idea of the Euler and Runge-Kutta methods for solving a practice-oriented problem is highlighted. Classical formulas of the Euler and Runge-Kutta methods are presented. The use of the MS Excel table processor for solving the Cauchy problem is justified. It is explained that the construction of the discrete Cauchy problem is based on the method of replacing the differential equation with its discrete analog. Computer models-templates for solutions and error estimation have been developed. The stages of the algorithm for solving the Cauchy problem in MS Excel are given. The estimation of the error of the solution by corrected and modified Euler methods is calculated on the basis of the developed computer model. A comparative analysis of the numerical methods of Euler and Runge-Kutta is carried out.

Keywords: numerical methods, ordinary differential equations. Введение

Численные методы решения дифференциальных уравнений являются мощным инструментом при исследовании изменяющихся процессов и явлений. данные методы весьма актуальны в век информационных технологий. Верно выбранный метод позволяет быстро найти решение по математической модели исследуемого динамического процесса или явления при помощи пакетов прикладных программ.

В данной работе представлены классические численные методы, позволяющие получить приближенное решение обыкновенного дифференциального уравнения (ОДУ) первого порядка на рабочем листе MS Excel.

Прежде чем приступить к созданию компьютерной модели решения ОДУ в MS Excel, целесообразно напомнить постановку задачи Коши.

Постановка задачи Коши:

Найти приближенное решение дифференциального уравнения

$$dy/dx = y' = f(x, y),$$

удовлетворяющее начальному условию $y(x_0) = y_0$.

Численное решение задачи Коши состоит в вычислении приближенных значений y_1, y_2, \dots, y_n в точках x_1, x_2, \dots, x_n .

$$x_i = x_0 + ih, \text{ где } i = 1, 2, \dots, n.$$

Точки x_i называются *узлами сетки*, величина h – шагом сетки, при условии $0 < h < 1$. Точка опоры построения дискретной задачи Коши – замена дифференциального уравнения его дискретным аналогом.

Как правило, используют наиболее известные классические методы Эйлера и Рунге-Кутты для решения задачи Коши [1–5].

Данные методы относятся к группе одностадийных методов, в которых для расчета точки $y_{i+1} = y(x_{i+1})$ требуется информация только о крайней вычисленной точке y_i .

Формула Эйлера для вычисления любого y имеет вид:

$$y_i^{+1} = y_i + h' f(x_i, y_i), \text{ где } i = 0, 1, 2, \dots, n-1.$$

Очень часто на практике возникает цель оценки погрешности метода по причине неизвестного точного решения задачи Коши. В таких случаях применяют правило Рунге или правило двойного пересчета: расчет повторяют с шагом $h/2$ и вычисляют абсолютную разность:

$$\left| \frac{y_i^h - y_i^{h/2}}{2^p - 1} \right|,$$

где y_i^h – значение функции в точке x_i при шаге h ;

$y_i^{h/2}$ – значение функции в точке x_i при шаге $h/2$;

p – порядок метода (метод Эйлера является методом первого порядка, поскольку его точность растет линейно с уменьшением шага h).

Погрешность метода оценивают по следующей формуле:

$$\max \left| \frac{y_i^h - y_i^{h/2}}{2^p - 1} \right| \text{ для } i = 0, 1, 2, \dots, n.$$

Метод Эйлера обладает медленной сходимостью, поэтому чаще применяют методы более высокого порядка точности. Существуют различные модификации метода Эйлера, позволяющие увеличить его точность. Наиболее распространены *исправленный и модифицированный методы Эйлера* [1–5].

Обозначим $K = f(x_i, y_i)$. Тогда оба метода описываются формулой:

$$y_i^{+1} = y_i + h' \Phi(x_i, y_i),$$

где $\Phi(x_i, y_i) = a_1 K + a_2 f(x_i + hb_1, y_i + hb_2 K)$.

Для исправленного метода $a_1 = a_2 = 0,5$ и $b_1 = b_2 = 1$.

Для модифицированного метода $a_1 = 0$, $a_2 = 1$ и $b_1 = b_2 = 0,5$.

Исправленный и модифицированный методы Эйлера являются методами *второго порядка*, их точность пропорциональна h^2 .

Рассмотрим вышеуказанные методы на практико-ориентированной задаче (ПОЗ).

Постановка ПОЗ:

Найдите численное решение задачи Коши $y' = 0,25 y^2 + x^2$, $y(0) = -1$ на интервале $[0; 0,5]$ с шагом 0,1. Для решения задачи используйте обычный, исправленный и модифицированный методы Эйлера. Погрешность методов оцените, используя правило Рунге.

Для решения задачи Коши численными методами разработаем компьютерную модель-шаблон в MS Excel [5–10].

Разработка компьютерной модели в MS Excel базируется на авторском алгоритме, состоящем из десяти этапов.

1. Запустите MS Excel и сохраните файл рабочей книги с именем *Решение ОДУ.xlsx*. Разработайте шаблон в соответствии с рис. 1.

Замечание: Для удобства понимания последующего изложения рекомендуется разрабатывать предлагаемые шаблоны в диапазонах ячеек, указанных на рисунках.

	A	B	C	D
1				
2	Метод Эйлера			
3	x	y при h	y при h/2	d
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Рис. 1. Шаблон для решения примера 1 методом Эйлера

2. В диапазоне A4:A14 задайте значения переменной x на интервале $[0; 0,5]$ с шагом 0,05. Выбор шага 0,05, а не 0,1 (как задано в примере) обусловлен тем, что по заданию необходимо оценить погрешность метода, используя правило Рунге. Это правило предполагает выполнение повторного пересчета с шагом $h/2$.

В ячейку B4 введите начальное условие $y(0) = -1$ (рис. 2).

	A	B	C	D
1				
2	Метод Эйлера			
3	x	y при h	y при h/2	d
4	0,00	-1,00		
5	0,05			
6	0,10			
7	0,15			
8	0,20			
9	0,25			
10	0,30			
11	0,35			
12	0,40			
13	0,45			
14	0,50			
15				

Рис. 2. Ввод переменной x и начального условия y(0)

3. Введите в шаблон формулы в соответствии с рис. 3. Введённые формулы соответствуют выражению $y_i + I = y_i + h \cdot f(x_i, y_i)$.

	A	B	C	D
1				
2	Метод Эйлера			
3	x	y при h	y при h/2	d
4	0	-1		
5	0,05			
6	0,1	=B4+0,1*(0,25*B4^2+A4^2)		
7	0,15			
8	0,2	=B6+0,1*(0,25*B6^2+A6^2)		
9	0,25			
10	0,3	=B8+0,1*(0,25*B8^2+A8^2)		
11	0,35			
12	0,4	=B10+0,1*(0,25*B10^2+A10^2)		
13	0,45			
14	0,5	=B12+0,1*(0,25*B12^2+A12^2)		
15				

Рис. 3. Шаблон для решения примера 1 методом Эйлера – Формулы

После ввода всех формул в ячейках с желтой заливкой будут отображены результаты решения задачи, рис. 4.

	A	B	C	D
1				
2	Метод Эйлера			
3	x	y при h	y при h/2	d
4	0,00	-1,00		
5	0,05			
6	0,10	-0,97500		
7	0,15			
8	0,20	-0,95023		
9	0,25			
10	0,30	-0,92366		
11	0,35			
12	0,40	-0,89333		
13	0,45			
14	0,50	-0,85738		
15				

Рис. 4. Решение примера 1 методом Эйлера

4. Оцените погрешность решения, используя правило Рунге. Для этого выполните следующие действия:

- в ячейку C4 введите начальное условие $y(0) = -1$;
- в диапазон C5:C14 введите формулы, соответствующие выражению $y_i + I = y_i + h/2 \cdot f(x_i, y_i)$, где $h/2 = 0,05$;

- в диапазон D4:D14 введите формулы, соответствующую выражению $|y_i^h - y_i^{h/2}|$ (метод Эйлера является методом первого порядка, поэтому $2^p - 1 = 2^1 - 1 = 1$);

- в ячейку D15 введите формулу, соответствующую выражению $\max|y_i^h - y_i^{h/2}|$.

Результаты оценки погрешности решения примера 1 методом Эйлера представлены на рис. 5.

	A	B	C	D
1				
2	Метод Эйлера			
3	<i>x</i>	<i>y при h</i>	<i>y при h/2</i>	<i>d</i>
4	0,00	-1,00	-1,00	0,00000
5	0,05		-0,98750	
6	0,10	-0,97500	-0,97519	0,00019
7	0,15		-0,96280	
8	0,20	-0,95023	-0,95009	0,00015
9	0,25		-0,93680	
10	0,30	-0,92366	-0,92271	0,00095
11	0,35		-0,90757	
12	0,40	-0,89333	-0,89114	0,00219
13	0,45		-0,87322	
14	0,50	-0,85738	-0,85356	0,00382
15				0,00382

Рис. 5. Оценка погрешности решения примера 1 методом Эйлера

5. Разработайте шаблон для решения примера 1 исправленным и модифицированным методами Эйлера, рис. 6.

	A	B	C	D	E	F	G	H
17								
18					<i>a1</i>		<i>b1</i>	
19					<i>a2</i>		<i>b2</i>	
20	<i>x</i>	<i>y при h</i>	<i>K при h</i>	<i>Ф при h</i>	<i>y при h/2</i>	<i>K при h/2</i>	<i>Ф при h/2</i>	<i>d</i>
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								

Рис. 6. Шаблон для решения примера 1 исправленным и модифицированным методами Эйлера

6. В диапазон A21:A31 введите значения переменной *x* на интервале [0; 0,5] с шагом 0,05. В ячейки B21 и E21 введите начальное условие $y(0) = -1$. В ячейки F18, F19, H18 и H19 введите значения коэффициентов a_1 , a_2 , b_1 , b_2 для исправленного метода Эйлера (рис. 7).

	A	B	C	D	E	F	G	H
17								
18					<i>a1</i>	0,5	<i>b1</i>	1
19					<i>a2</i>	0,5	<i>b2</i>	1
20	<i>x</i>	<i>y при h</i>	<i>K при h</i>	<i>Ф при h</i>	<i>y при h/2</i>	<i>K при h/2</i>	<i>Ф при h/2</i>	<i>d</i>
21	0,00	-1,00			-1,00			
22	0,05							
23	0,10							
24	0,15							
25	0,20							
26	0,25							
27	0,30							
28	0,35							
29	0,40							
30	0,45							
31	0,50							
32								

*Рис. 7. Ввод переменной *x*, начального условия $y(0)$ и переменных a_1 , a_2 , b_1 , b_2*

7. Введите в шаблон формулы в соответствии с рис. 8.

Формулы, введенные в столбец **у при h** , соответствуют выражению $y_{i+1} = y_i + h \cdot \Phi(x_i, y_i)$.

Формулы, введенные в столбец **K при h** , соответствуют выражению $K = f(x_i, y_i)$.

Формулы, введенные в столбец **Φ при h** , соответствуют выражению $\Phi(x_i, y_i) = a_1 K + a_2 f(x_i + hb_i, y_i + hb_i K)$.

A	B	C	D	
17				
18				
Исправленный и модифицированный методы Эйлера				
20	x	у при h	K при h	Φ при h
21	0	-1	=0,25*B21^2+A21^2	=\$F\$18*C21+\$F\$19*(0,25*(B21+0,1*\$H\$19*C21)^2+(A21+0,1*\$H\$18)^2)
22	0,05			
23	0,1	=B21+0,1*D21	=0,25*B23^2+A23^2	=\$F\$18*C23+\$F\$19*(0,25*(B23+0,1*\$H\$19*C23)^2+(A23+0,1*\$H\$18)^2)
24	0,15			
25	0,2	=B23+0,1*D23	=0,25*B25^2+A25^2	=\$F\$18*C25+\$F\$19*(0,25*(B25+0,1*\$H\$19*C25)^2+(A25+0,1*\$H\$18)^2)
26	0,25			
27	0,3	=B25+0,1*D25	=0,25*B27^2+A27^2	=\$F\$18*C27+\$F\$19*(0,25*(B27+0,1*\$H\$19*C27)^2+(A27+0,1*\$H\$18)^2)
28	0,35			
29	0,4	=B27+0,1*D27	=0,25*B29^2+A29^2	=\$F\$18*C29+\$F\$19*(0,25*(B29+0,1*\$H\$19*C29)^2+(A29+0,1*\$H\$18)^2)
30	0,45			
31	0,5	=B29+0,1*D29		

Рис. 8. Шаблон для решения примера I исправленным и модифицированным методами Эйлера – Формулы

После ввода всех формул в ячейках с желтой заливкой будут отображены результаты решения задачи, рис. 9.

A	B	C	D	E	F	G	H	
17								
18								
19	Исправленный и модифицированный методы Эйлера				a1	0,5	b1	1
					a2	0,5	b2	1
20	x	у при h	K при h	Φ при h	у при $h/2$	K при $h/2$	Φ при $h/2$	d
21	0,00	-1,00	0,25000	0,24883	-1,00			
22	0,05							
23	0,10	-0,97512	0,24771	0,25675				
24	0,15							
25	0,20	-0,94944	0,26536	0,28415				
26	0,25							
27	0,30	-0,92103	0,30207	0,33023				
28	0,35							
29	0,40	-0,88800	0,35714	0,39437				
30	0,45							
31	0,50	-0,84857						
32								

Рис. 9. Решение примера I исправленным методом Эйлера

8. Оцените погрешность решения, используя правило Рунге. Для этого выполните следующие действия:

- в диапазон E22:E31 введите формулы, соответствующие выражению $y_i + I = y_i + h/2 \cdot \Phi(x_i, y_i)$, где $h/2 = 0,05$;

- в диапазон F21:F31 введите формулы, соответствующие выражению $K = f(x_i, y_i)$;

- в диапазон G21:G31 введите формулы, соответствующие выражению $\Phi(x_i, y_i) = a_1 K + a_2 f(x_i + \frac{h}{2} b_1, y_i + \frac{h}{2} b_2 K)$, где $h/2 = 0,05$;

$f(x_i + \frac{h}{2} b_1, y_i + \frac{h}{2} b_2 K)$, где $h/2 = 0,05$;

- в диапазон H21:H31 введите формулы, соответствующую выражению $\left| \frac{y_i^h - y_i^{h/2}}{3} \right|$ (исправ-)

ленный и модифицированный методы Эйлера являются методами второго порядка, поэтому $2^p - 1 = 2^2 - 1 = 3$);

- в ячейку H32 введите формулу, соответствующую выражению $\max \left| \frac{y_i^h - y_i^{h/2}}{3} \right|$.

Результаты оценки погрешности решения примера 1 исправленным методом Эйлера представлены на рис. 10.

A	B	C	D	E	F	G	H	
17								
18	Исправленный и модифицированный методы Эйлера				a1	0,5	b1	
19					a2	0,5	b2	
20	x	y при h	K при h	Ф при h	y при h/2	K при h/2	Ф при h/2	d
21	0,00	-1,00	0,25000	0,24883	-1,00	0,25000	0,24814	0,00000
22	0,05				-0,98759	0,24633	0,24706	
23	0,10	-0,97512	0,24771	0,25675	-0,97524	0,24777	0,25102	0,00004
24	0,15				-0,96269	0,25419	0,25990	
25	0,20	-0,94944	0,26536	0,28415	-0,94969	0,26548	0,27360	0,00008
26	0,25				-0,93601	0,28153	0,29201	
27	0,30	-0,92103	0,30207	0,33023	-0,92141	0,30225	0,31505	0,00013
28	0,35				-0,90566	0,32756	0,34263	
29	0,40	-0,88800	0,35714	0,39437	-0,88853	0,35737	0,37469	0,00017
30	0,45				-0,86979	0,39164	0,41118	
31	0,50	-0,84857			-0,84924			0,00022
32								0,00022
~								

Рис. 10. Оценка погрешности решения примера 1 исправленным методом Эйлера

9. Для решения примера 1 модифицированным методом Эйлера измените значения коэффициентов a_1 , a_2 , b_1 и b_2 . Результаты представлены на рис. 11.

A	B	C	D	E	F	G	H	
17								
18	Исправленный и модифицированный методы Эйлера				a1	0	b1	
19					a2	1	b2	
20	x	y при h	K при h	Ф при h	y при h/2	K при h/2	Ф при h/2	d
21	0,00	-1,00	0,25000	0,24629	-1,00	0,25000	0,24751	0,00000
22	0,05				-0,98762	0,24635	0,24644	
23	0,10	-0,97537	0,24784	0,25433	-0,97530	0,24780	0,25042	0,00002
24	0,15				-0,96278	0,25424	0,25931	
25	0,20	-0,94994	0,26560	0,28183	-0,94982	0,26554	0,27302	0,00004
26	0,25				-0,93616	0,28160	0,29144	
27	0,30	-0,92175	0,30241	0,32800	-0,92159	0,30233	0,31449	0,00005
28	0,35				-0,90587	0,32765	0,34208	
29	0,40	-0,88896	0,35756	0,39219	-0,88876	0,35748	0,37415	0,00006
30	0,45				-0,87006	0,39175	0,41064	
31	0,50	-0,84974			-0,84952			0,00007
32								0,00007
~								

Рис. 11. Оценка погрешности решения примера 1 модифицированным методом Эйлера

10. Сравните погрешности решения примера 1 обычным, исправленным и модифицированным методами Эйлера, табл. 1.

Сравнение погрешностей решения примера 1 по правилу Рунге

Метод	Погрешность метода
Метод Эйлера (обычный)	0,00382
Исправленный метод Эйлера (обычный)	0,00022
Модифицированный метод Эйлера (обычный)	0,00007

Как видно из таблицы 1, наибольшую точность обеспечивает модифицированный метод Эйлера.

На практике наиболее распространенным методом решения обыкновенных дифференциальных уравнений является метод Рунге-Кутты четвертого порядка. Этот метод является более точным, чем метод Эйлера (метод первого порядка), и чем исправленный и модифицированный методы Эйлера (методы второго порядка) [1-5]. Для оценки значения производной в методе Рунге-Кутты используется четыре вспомогательных вычислений функции, но метод все равно остается одношаговым. Вычисления в методе проводятся по следующим формулам:

$$y_{i+1} = y_i + h \cdot \Phi(x_i, y_i),$$

где $\Phi(x_i, y_i) = (K_1 + 2K_2 + 2K_3 + K_4)/6$;

$$K_1 = f(x_i, y_i),$$

$$K_2 = f(x_i + h/2, y_i + hK_1/2),$$

$$K_3 = f(x_i + h/2, y_i + hK_2/2),$$

$$K_4 = f(x_i + h, y_i + hK_3).$$

Заключение

Метод Рунге-Кутты четвёртого порядка является «ходовым» методом и его сокращенно называют методом Рунге-Кутты. Из полного названия метода следует, что он является методом четвертого порядка, т.е. его точность пропорциональна h^4 .

Для оценки погрешности метода Рунге-Кутты также пользуются правилом Рунге, но по сравнению с методами Эйлера, объем вычислительных операций существенно возрастает и расчет погрешности становится достаточно трудоемким и громоздким.

На базе разработанных компьютерных моделей в MS Excel вся «рутинная» вычислительная работа упрощается и становится автоматизированной. Компьютерные модели позволяют оперативно предоставлять решения задач Коши численными методами с последующим анализом полученных решений и трансформацией моделей малой размерности в модели большой размерности.

ЛИТЕРАТУРА

- Горелов Ю. Н. 2006 Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений (методы Рунге-Кутта) (Самара: Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева) р. 45
- Vахлаева Л. Ф. and Молоденкова Т. В. 2003 Численные методы. Методы решения сеточных уравнений (Саратов: Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского) р. 46

3. Кошев А. Н. and Кузина В. В. 2004 Численные методы и методы оптимизации (Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства) р. 136
4. Гателюк О. В. Исмаилов Ш. К. and Манюкова Н. В. 2018 Численные методы (Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство ЮРАЙТ») р. 140
5. Булгаков С.В. Применение мультиагентных систем в информационных системах // Перспективы науки и образования. 2015. № 5 (17). С. 136–140
6. Artamonov V.S., Ivanov A.Y., Sharapov S.V., Trofimets E.N., Trofimets V.Ya. Information systems and processes in the analytical training of management scholars // Espacios, Vol. 38 (N 25), 2017, P. 18
7. Батьковский А.М., Трофимец В.Я. Системы поддержки принятия решений с модулями прикладных математических моделей и методов // Вопросы радиоэлектроники. 2015. № 9. С. 253-275
8. Трофимец Е.Н. Концептуальная модель научно-методического аппарата решения профессионально-ориентированных экономических задач. // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Информатизация образования». 2009. № 4. С. 107–117
9. Artamonov V.S., Ivanov A.Y., Sharapov S.V., Trofimets E.N., Trofimets V.Ya. Information systems and processes in the analytical training of management scholars // Espacios, Vol. 38 (N 25), 2017, P. 18.
10. Батьковский А.М., Трофимец В.Я. Системы поддержки принятия решений с модулями прикладных математических моделей и методов // Вопросы радиоэлектроники. – 2015. – №9. – С. 253–275.

Методы и системы защиты информации, информационная безопасность

*Ростовцев В.Н., кандидат технических
наук, доцент*

*Моисеев С.А., кандидат технических
наук, старший преподаватель*

Шанауров Д.И.

Завьялов Б.С.

*(Академия Федеральной службы охраны
Российской Федерации)*

ПРИМЕНЕНИЕ НАПРАВЛЕННЫХ АКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Произведена оценка перспектив применения явления взаимодействия звукового и ультразвукового сигналов для решения задач обеспечения скрытности речевого обмена, блокирования устройств несанкционированного съёма акустической информации, а также обнаружения несанкционированных пространственных изменений на охраняемом объекте.

Ключевые слова: защита информации, направленные акустические системы, ультразвук.

Rostovtsev V.N.

Moiseev S.A.

Shanaurov D.I.

Zavyalov B.S.

APPLICATION OF DIRECTIONAL ACOUSTIC SYSTEMS FOR INFORMATION PROTECTION

The prospects of using the phenomenon of interaction of sound and ultrasound signals to solve the problems of ensuring the secrecy of verbal exchange, blocking devices for unauthorized removal of acoustic information, as well as detecting unauthorized spatial changes in a protected object are evaluated.

Keywords: protection of information, directional speaker systems, ultrasound.

В конце XIX века инженерами было открыто новое явление, основанное на взаимодействии звукового и ультразвукового сигналов. Излучаемый ультразвуковой сигнал концентрируется в рамках малого телесного угла (пучке). Реализовать это позволяет малая длина волны такого сигнала. Параметры излучаемого ультразвука (УЗ) модулируется речевым сигналом. Человек, находящийся в рамках ультразвукового пучка, слышит передаваемый таким образом речевой сигнал без каких-либо устройств демодуляции. За пределами ультразвукового пучка услышать речь невозможно.

Физическая сущность этого явления заключается в следующем. При взаимодействии УЗ с воздухом возникают нелинейные эффекты. Они являются следствием так называемого «самовоздействия». Ультразвуковая волна изменяет свойства своего носителя (воздуха), который в свою очередь изменяет условия ее распространение. Речь воспринимается человеком непосредственно из колебаний давления воздуха. Человек не слышит ультразвук, но вследствие не-

линейных эффектов, происходящих в воздухе, воспринимает низкочастотную огибающую УЗ колебания.

Нелинейный эффект возникает в случае, когда скорость сдвига частиц в волне гораздо выше скорости самой волны. К числу нелинейных эффектов в акустическом поле относятся: изменение формы волны при её распространении, возникновение комбинационных тонов и др. Скорость распространения ультразвука в воздухе равна скорости звука.

Указанное явление позволяет реализовать ряд вариантов построения систем защиты информации. Для них важную практическую значимость имеет высокая направленность рассмотренной ранее системы передачи информации.

В коммерческой деятельности системы направленной передачи речи применяются для представления рекламы, музейных и выставочных экспонатов и др. Для решения задачи скрытности речевого обмена они нашли применение в банках и офисах. Скрытность обмена обеспечивается за счет того, что звук, отраженный от поверхностей внутри ультразвукового пучка (например, от людей) не слышен тем, кто находится за пределами этого пучка.

Значительно повысить защищенность передачи речевой информации «поверх» ультразвукового сигнала при сохранении ее достаточных разборчивости и узнаваемости можно за счет звуковода. Его применение позволяет компенсировать значительное снижение мощности передаваемого сигнала, возникающее за счет расходности ультразвукового пучка в открытом пространстве. Направляющая система в виде трубы позволяет сконцентрировать энергию УЗ внутри замкнутого пространства.

Экспериментально была определена высокая эффективность применения звуковода для увеличения дальности передачи речи «поверх» УЗ. Без особых затрат на подбор параметров излучателей, приемников и звуководов был получен десятикратный энергетический выигрыш при незначительной потере качества речи. Применение звуковода позволяет создавать ту же мощность УЗ сигнала на удалении не менее чем в 10 раз превышающем расстояние при передаче по открытому пространству.

Исследования влияния внутреннего радиуса трубы на параметры системы передачи показали следующее. При увеличении радиуса звуковода по сравнению с радиусом излучателя качество речи резко ухудшается из-за того, что нарушается структура внутреннего осциллирующего воздушного столба. Причиной этому является дифракция волн ультразвука внутри звуковода с последующим образованием многолучевого пучка. Появляются паразитные волны с различными длинами хода (маршрутами). Сложение на приеме сигналов с отличающимися фазами увеличивает гармонические искажения передаваемого сигнала. Уменьшение радиуса звуковода по сравнению с радиусом излучателя снижает эффективность системы за счет энергетических потерь при вводе УЗ, значительному искривлению фронта акустической волны. Наибольшая эффективная с точки зрения качества восстановленной речи дальность передачи достигается при одинаковых апертурах звуковода и излучателя.

Важным параметром направляющей системы является качество (гладкость) ее внутренней поверхности. Распространяясь в трубе ультразвуковой сигнал многократно отражается от ее стенок. Наличие неровностей на их поверхности приводит к резкому возрастанию искажений фазы принимаемого сигнала. Этот факт подтверждает сравнение результатов передачи сигналов с одинаковыми параметрами по гофрированной и гладкой трубам, имеющим одинаковые длину и внутренний диаметр.

Система передачи звука «поверх» ультразвука реализуется следующим образом. Электрический сигнал с частотой ультразвука перед подачей на излучатель подвергается амплитудной модуляции речевым сигналом. Модулированный несущий ультразвуковой сигнал передается по звуководу. За счет нелинейности преобразований в воздухе образуются комбинационные сигналы, в числе которых и речевой сигнал.

Важным новым свойством предлагаемой системы является высокая скрытность факта передачи речевой информации по следующим причинам.

1. Для воспроизведения речи в месте приема не требуется никаких устройств, а звуковод легко маскируется.

2. Пространство приема речевого сигнала имеет малые размеры порядка нескольких десятков сантиметров.

Нелинейное преобразование ультразвука происходит не только в воздухе, но и в плотной среде, например в мембране микрофона. Это свойство нашло применение в системах зашумления диктофонов и акустических речевых электронных устройств негласного получения информации (ЭУНПИ). Блокиратор излучает ультразвук, модулированный помеховым сигналом речевого диапазона, в сторону предположительного места размещения устройства несанкционированного съема речевой информации. В микрофоне устройства добывания речевой информации воздействующий сигнал преобразуется в сигнал шума речевого спектра. Применению пространственного зашумления акустическими ультразвуковыми сигналами препятствует их высокое негативное действие на психическое состояние человека.

Реализация направленной системы подавления электронных устройств негласного получения акустической информации в ультразвуковом диапазоне частот обеспечит защиту информации с сохранением комфортных условий. Такая система позволяет создавать защитный УЗ сигнал локально, исключая его воздействие на присутствующих в помещении людей.

Потребность применения такой системы возникает в следующих ситуациях:

- необходимо ведение конфиденциальных переговоров в помещении, при отсутствии достаточного времени на защиту циркулирующей в нем акустической информации;
- в помещении возможно размещение акустических ЭУНПИ;
- нет времени на проведение поиска указанных ЭУНПИ.

Направленную акустическую систему можно применить в качестве элемента системы сигнализации. В настоящее время широко применяется объемная ультразвуковая сигнализация, основанная на отражении сигнала от облучаемых объектов. Сущностью функционирования такой системы является создание с помощью излучателя ультразвукового сигнала контролируемого поля облучения. В этом поле за счет многократного отражения ультразвука от окружающих предметов создается интерференционное поле определенной конфигурации. Движение какого-либо предмета в этом поле приводит к соответствующему изменению параметров ультразвука на приемнике. К недостаткам такой системы относится то, что её контролируемое пространство сосредоточено в ограниченном объеме радиусом нескольких метров. В этом пространстве существуют «мертвые зоны», в которых чувствительность системы резко снижается.

Система с направленной передачей ультразвука по звуководу может быть применена в качестве распределенной в пространстве системы сигнализации. Исследование характеристик направленной системы передачи ультразвука позволило определить присущее ей следующее важное качество. Малые изменения формы звуковода, а также появление (движение) мелких постоянных предметов на пути распространения ультразвукового сигнала приводят к значительным изменениям его параметров на приеме. Причиной этого является то, что мощность ультразвука, концентрируется в малом объеме звуковода. За счет этого возрастает чувствительность системы к любым изменениям конфигурации направляющей системы. Контролируемое пространство такой системы находится внутри звуковода и может иметь значительную длину. С помощью такой системы можно контролировать пространственные изменения как внутри направляющей системы, так и вне этой системы. Последнее свойство можно реализовать с помощью датчиков контроля, размещенных на поверхности звуковода и реализующих изменение конфигурации его внутреннего пространства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Красильников В.А.* Звуковые и ультразвуковые волны. – Государственное издательство технико-теоретической литературы. М. 1954. 442 с.
2. *И.П. Голямина* (главный редактор) Ультразвук. Маленькая энциклопедия. – Советская энциклопедия. М. 1979. 400 с.
3. *И.Н. Ермолов* Ультразвуковые преобразователи для неразрушающего контроля. – М. Машиностроение. 1986. 280 с.

Rудик М.В.

(Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»)

Коркин И.Ю., кандидат технических наук, главный инженер проектов (ООО «Вентра», г. Москва)

DOI: 10.25633/ETN.2021.07.13

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ CLANG STATIC ANALYZER ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ НОВЫХ УЯЗВИМОСТЕЙ

Тестирование и поиск ошибок в программном обеспечении является неотъемлемой частью цикла его разработки. Ошибки в программном коде несут угрозу работоспособности и безопасности программы. Для устранения последствий необходимо находить и устранять ошибки на ранних этапах разработки. Одним из методов поиска ошибок является статический анализ. В работе приведен обзор типов ошибок в коде, написанном на языках C и C++, которые способны находить инструменты статического анализа. Также приведен обзор основных методов и техник, применяемых в статическом анализе. В рамках исследования был проведен анализ возможностей статических анализаторов с открытым исходным кодом. Было выбрано несколько популярных инструментов статического анализа и база тестовых листингов кода, содержащая фрагменты программ на языках C и C++ с различными типами ошибок. На основании результатов, которые продемонстрировали статические анализаторы на тестовой базе, было сформировано представление о том, какие типы ошибок могут быть затруднительными для обнаружения исследуемыми инструментами. Среди найденных типов ошибок внимание было уделено тем, которые могут стать причиной появления уязвимости в программе. В работе предложен вариант расширения возможностей доступных на данный момент инструментов статического анализа с открытым исходным кодом для поиска небезопасного использования функции memcpy. Был разработан модуль статического анализа на основе инфраструктуры clang static analyzer, позволяющий обнаруживать выделенный тип ошибки.

Ключевые слова: статический анализ, ошибки в программном обеспечении, уязвимости программного обеспечения, C, C++, clang static analyzer.

Rudik M.V.

Korkin I.I.

EXPANDING THE SCOPE OF CLANG STATIC ANALYZER FOR DETECTING NEW VULNERABILITIES

Analysis of software source code and bug fixing is an essentials part of Secure Software Development Life-cycle (SSDLC). Revealing software vulnerabilities is critical for providing trustworthy software. Fixing bugs in early stages of development is a priority, otherwise the corresponding costs will be significant. One of the method to find a software bugs is applying static analysis tool kits. This research work includes brief review of the most commonly encountered bugs in C and C++ code, and review of static analysis methods. The first part covers the analysis of the most popular open-source static analysis tools. One of the popular static analysis tool, called Clang Statis Analyzer has been chosen as a platform for the further improvement. The key competitive advantage of this proof-of-concept plugin is that it can revealed atype of bugs, which previously were skipped to analysis toolkits. The proposed paper shows how to expand the scope of open-source static analyzer tools for detecting unsafe usage of memcpy routine. The final result of this research is a new plugin for Clang Static Analyzer that can detect this type of error, which significantly expand the whole scope of updated Clang Static Analyzer.

Keywords: static analysis, software bugs, software vulnerabilities, C, C++, clang static analysis.

Введение

Автоматический поиск дефектов программного обеспечения в последнее время является необходимым этапом процесса разработки программы [1, 2]. Чем крупнее проект, тем выше вероятность наличия в коде различных ошибок. Ошибки в программе могут повлечь за собой самые разные последствия, от незначительных до в высшей степени опасных для пользователей программного продукта. Для повышения безопасности и надежности программ необходимо устранить как можно большее число ошибок. Чем раньше обнаружена ошибка в программе, тем меньшее количество ресурсов необходимо для ее устранения.

Статический анализ является одним из средств обнаружения ошибок вроде переполнения буфера, неправильной работы с указателями утечек памяти, переполнений и других. Такие ошибки часто могут быть обнаружены компилятором во время сборки программы [3], однако в сложных ситуациях требуется применение более глубокого анализа, который не может быть выполнен компилятором. В связи с большим количеством преимуществ статического анализа, среди которых можно выделить возможность обнаружения ошибок на ранней стадии разработки программы, относительная легкость применения анализа для больших проектов, развитие и совершенствование инструментов для проведения статического анализа является одной из ключевых задач для информационной безопасности.

1. Статический анализ

Статические анализаторы способны находить различные типы ошибок, которые могут присутствовать в коде [4]. Представленная работа посвящена исследованию инструментов для статического анализа программ, написанных на языках C и C++. Существует большое количество типов ошибок, на которых концентрируются статические анализаторы. Среди них переполнение буфера, различные ошибки управления ресурсами вроде двойного освобождения памяти ошибки в работе с указателями, числовые ошибки и другие. Существует большое количество различных техник статического анализа программ, которые варьируются от простого поиска по шаблону кода, до комплексных методов, содержащих несколько этапов анализа. Значительное количество проектов, реализует простые методы анализа вроде поиска опасных конструкций с помощью регулярных выражений [5]. Более комплексные инструменты используют такие методы анализа как символьное выполнение [6] и абстрактная интерпретация [7], а также структуры данных вроде абстрактного синтаксического дерева, графа потока управления и графа вызовов для представления программы [8, 9].

Важной особенностью статического анализа является то, что задача поиска критических дефектов в программе является алгоритмически неразрешимой [10]. Таким образом, все существующие решения по статическому анализу реализуют некоторый компромисс между полнотой анализа и точностью анализа.

2. Анализ предпосылок для расширения возможностей существующих анализаторов

В рамках работы было исследовано несколько популярных статических анализаторов. Основной целью данной части исследования является выявление ошибок, которые ими не обнаруживаются. В качестве тестовых листингов кода были использованы тесты Toyota-itc benchmark [11]. Это находящиеся в свободном доступе листинги кода для тестирования статических анализаторов, которые содержат большое количество ошибок различного типа. Среди них в рамках эксперимента было отобрано несколько видов наиболее распространенных ошибок. Для исследования были выбраны популярные анализаторы с открытым исходным кодом Flawfinder, Clang, Cppcheck, Sparse.

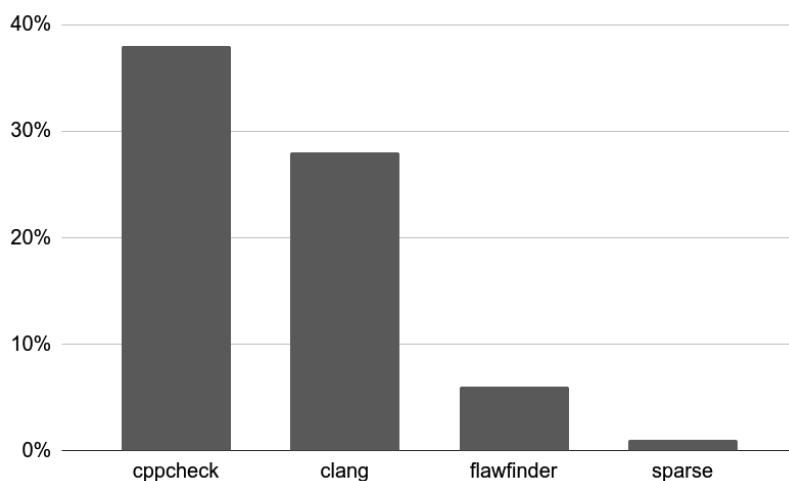


Рис. 1. Диаграмма количества найденных ошибок в процентах

Fig. 1. The diagram of percentage of not detected errors

Из диаграммы на рис. 1 видно, что cppcheck и clang static analyzer значительно опережают другие анализаторы по количеству найденных ошибок. В связи с этим можно сделать вывод, что инструменты, использующие комплексные методы, с поиском ошибок справляются лучше.

Во время исследования были выявлены содержащие ошибку фрагменты кода, которые не были обнаружены ни одним из инструментов. Среди них особое внимание было решено уделить ошибкам, которые могут стать причиной уязвимостей в программе и использоваться нарушителем. Одной из таких ситуаций может являться небезопасное использование функции `memset` [12] из стандартной библиотеки языка C, которая может стать причиной выполнения произвольного кода [13], что является критическим для обеспечения информационной безопасности.

Данная атака заключается в том, что злоумышленник может получить доступ к регистру команд и выполнять на целевой машине произвольные инструкции. К подобной ситуации может приводить возможность переполнения буфера в стеке вызовов и изменение адреса возврата, значения, которое помещается в регистр команд после завершения некоторой функции для того, чтобы программа продолжила работу с того места, из которого была вызвана эта функция [14].

Мемсет позволяет копировать заданное число байт из одного места памяти в другое. Если в качестве отвечающего за количество копируемых байт аргумента передается переменная, возможные значения которой никак не ограничены, то это может привести к тому, что по заданному адресу произойдет переполнение стека и может быть изменен адрес возврата. Пример модификации стека после атаки приведен на рис. 2.

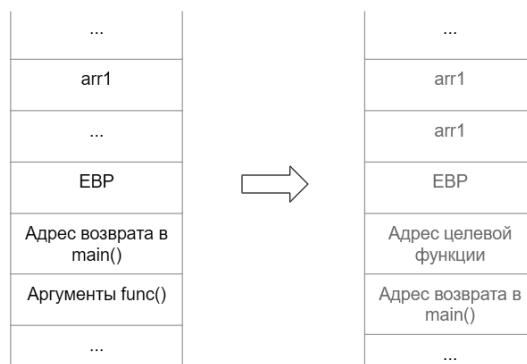


Рис. 2. Модификация стека после изменения адреса возврата

Fig. 2. Stack modification after corrupting the return address

В данном случае программа после завершения работы функции в которой находится вызов `memcpy` не продолжает работы в `main`, а начинает выполнение некоторой целевой функции, адрес которой был помещен вместо адреса возврата в `main`.

Уязвимость выполнения произвольного кода существует давно, так же существует множество различных техник предотвращения атак, направленных на эксплуатацию данной уязвимости. Но количество обнаруженных уязвимостей не убывает, к примеру в коде ядра Linux количество подобных обнаруженных уязвимостей только растёт¹. Стоит сказать также что в основном меры защиты направлены на предотвращение эксплуатации уже имеющихся в коде небезопасных конструкций. В частности, существуют меры предотвращения эксплуатации небезопасного использования непосредственно `memcp`, однако они доступны лишь для некоторых архитектур процессоров [15]. Статический анализ в свою очередь позволяет на ранних этапах разработки предотвратить появление подобных ситуаций.

3. Разработка модуля статического анализа для Clang Static Analyzer

Для реализации модуля статического анализа, способного находить небезопасные вызовы функции `memcp` была выбрана инфраструктура Clang static analyzer². В состав Clang также входит инструмент статического анализа позволяющий использовать чувствительный к потоку анализ. За базовое моделирование процесса выполнения, отвечает ядро анализатора. Ядро отвечает за построение графа вызовов программы с учетом эффектов выражений и правил их выполнения. Кроме того, в процедуре построения графа выполнения могут принимать участие проверяющие модули [16, 17], анализируя события, наступающие в процессе выполнения. Данные модули являются основными компонентами статического анализатора. Они описывают то, как будет реагировать анализатор на фрагменты кода, содержащие ошибку и то в каких конкретных случаях ситуация будет считаться ошибкой и получают управление при появлении события из списка зарегистрированных.

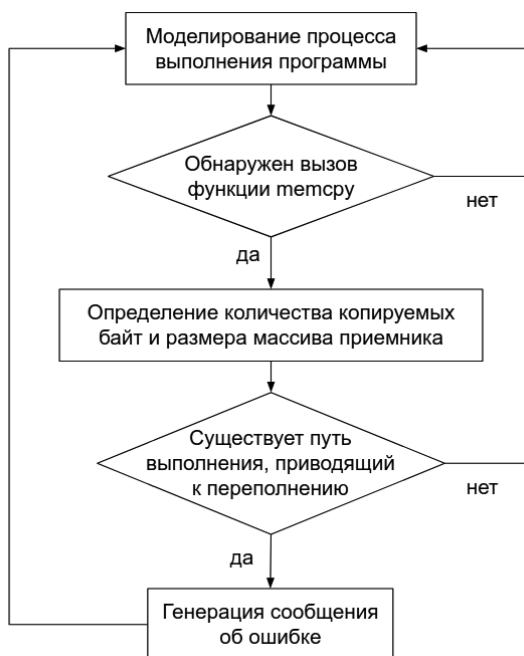


Рис. 3. Блок-схема работы модуля для поиска небезопасного использования `memcp`

Fig. 3. The scheme of unsafe `memcp` usage detecting static analysis module

¹ CVE Detail. The ultimate security vulnerability datasource. (https://www.cvedetails.com/product/47/Linux-Linux-Kernel.html?vendor_id=33)

² Clang: a C language family frontend for LLVM. (<https://clang.llvm.org/>)

Для поиска небезопасного использования функции `memcpy` разработанный модуль анализатора подписывается на события вызова функции, блок-схема работы показана на рис. 3. Во время обработки вызова функции сначала проверяется что вызывается именно `memcpy`. Затем программа получается символьное значение третьего аргумента `memcpy`, то есть количество копируемых байт. Далее берется символьное значение адреса, по которому будет происходить копирование. Оно передается в `memcpy` первым аргументом. Это значение представляется в виде регистра памяти для дальнейшего вычисления ранее выделенного размера буфера по этому адресу. Затем происходит вычисление размера области памяти в байтах и определяется, может ли находиться первое символьное значение в пределах второго. Если существует такой путь, который может привести к ситуации, в которой количество копируемых байт превысит размер буфера назначения, будет сгенерировано сообщение об ошибке.

Bug Summary

File: /home/max/Documents/Near/max_plugin./main.cpp
Warning: line 11, column 5
Unsafe memcpy usage: amount of bytes to move can be greater than destination size

Annotated Source Code

Press '?' to see keyboard shortcuts

Show analyzer invocation

Show only relevant lines

```
1 #include <string.h>
2 #include <malloc.h>
3 #include <memory.h>
4 #include <iostream>
5
6 int main() {
7     int arr1[2];
8     int arr2[4];
9     int x = 10;
10    scanf("%i", &x);
11    memcpy(arr1, arr2, x);
12
13    if (x >= 0 && x < 8) {
14        //memcpy(arr1, arr2, x);
15    }
16}
```

Unsafe memcpy usage: amount of bytes to move can be greater than destination size

Рис. 4. Отчёт о небезопасном использовании `memcpy` в формате html

Fig. 4. Unsafe `memcpy` usage report in html format

Данный модуль может использоваться в составе Clang Static Analyzer, после загрузки в качестве плагина. Clang static analyzer предоставляет возможность создания отчетов о найденных ошибках в формате html. При обнаружении ошибки небезопасного использования `memcpy` генерируется отчет, представленный на рис. 4.

Заключение

В статье приведен обзор основных видов ошибок, встречающихся в программах на языках С и С++. Также были кратко изложены основные методы, применяемые при разработке инструментов статического анализа. Было проведено исследование, в котором проверялись возможности популярных инструментов для статического анализа с открытым исходным кодом. Исследование проводилось с помощью специальных тестовых листингов кода Toyota Benchmark.

По результатам эксперимента были выделены ошибки, которые не были обнаружены ни одним из исследуемых анализаторов. Наличие таких ошибок говорит об актуальности проблемы расширения методов статического анализа. На основе результатов эксперимента был выделен тип ошибки, основанный на небезопасном использовании функции `memcp`, который может привести к уязвимости выполнения произвольного кода на целевой машине. На основе инфраструктуры Clang был реализован модуль статического анализа, позволяющий расширить возможности Clang Static Analyzer для обнаружения данного типа ошибок.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Vassallo C. et al.* How developers engage with static analysis tools in different contexts //Empirical Software Engineering. – 2020. – Т. 25. – №. 2. – С. 1419–1457.
2. *Liang H. et al.* Fuzzing: State of the art //IEEE Transactions on Reliability. – 2018. – Т. 67. – №. 3. – С. 1199–1218.
3. *Chen J. et al.* Static duplicate bug-report identification for compilers //SCIENTIA SINICA Informationis. – 2019. – Т. 49. – №. 10. – С. 1283–1298.
4. *Siafas M. et al.* Static analysis-based approaches for secure software development //International ISCIS Security Workshop. – Springer, Cham, 2018. – С. 142–157.
5. *Pereira J. D. A., Vieira M.* On the Use of Open-Source C/C++ Static Analysis Tools in Large Projects //2020 16th European Dependable Computing Conference (EDCC). – IEEE, 2020. – С. 97–102.
6. *King J.C.* Symbolic execution and program testing //Communications of the ACM. – 1976. – Т. 19. – №. 7. – С. 385–394.
7. *Cousot P., Cousot R.* Abstract interpretation: a unified lattice model for static analysis of programs by construction or approximation of fixpoints //Proceedings of the 4th ACM SIGACT-SIGPLAN symposium on Principles of programming languages. – 1977. – С. 238–252.
8. *Nielson F., Nielson H. R., Hankin C.* Principles of program analysis. – Springer Science & Business Media, 2004.
9. *Aho A.V., Sethi R., Ullman J.D.* Compilers, principles, techniques //Addison wesley. – 1986. – Т. 7. – №. 8. – С. 9.
10. *Hopcroft J.E., Motwani R., Ullman J.D.* Introduction to automata theory, languages, and computation //Acm Sigact News. – 2001. – Т. 32. – №. 1. – С. 60-65. Shiraishi S., Mohan V., Marimuthu H. Test suites for benchmarks of static analysis tools //2015 IEEE International Symposium on Software Reliability Engineering Workshops (ISSREW). – IEEE, 2015. – С. 12-15.
11. *Dmitrović S.* The C17 Standard //Modern C for Absolute Beginners. – Apress, Berkeley, CA, 2021. – С. 273–273.
12. *Zhang C. et al.* Practical control flow integrity and randomization for binary executables //2013 IEEE Symposium on Security and Privacy. – IEEE, 2013. – С. 559–573.
13. *Love R.* Linux system programming: talking directly to the kernel and C library. – « O'Reilly Media, Inc.», 2013.
14. *Roy D.B. et al.* Customized instructions for protection against memory integrity attacks //IEEE Embedded Systems Letters. – 2018. – Т. 10. – №. 3. – С. 91–94.
15. *Arroyo M., Chiotta F., Bavera F.* An user configurable clang static analyzer taint checker //2016 35th International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC). – IEEE, 2016. – С. 1–12.
16. *Umann K., Porkoláb Z.* Detecting Uninitialized Variables in C++ with the Clang Static Analyzer //Acta Cybernetica. – 2020.

Химическая технология

Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ

Рокосов Ю.В., доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник

Рокосова Н.Н., кандидат химических наук, старший научный сотрудник

Горюнова П.В., кандидат химических наук, научный сотрудник

Рокосова В.Ю., химик-аналитик

Романова Т.А., аспирант

(Институт углехимии и химического материаловедения Федерального исследовательского центра угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук)

DOI: 10.25633/ETN.2021.07.11

ХРОМАТО-МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРОДУКТАХ ТЕРМОГИДРОЛИЗА КАЙЧАКСКИХ УГЛЕЙ КУЗБАССА

Состав углеводородов в продуктах термогидролиза кайчакских углей Кузбасса марки Б изучен методом хромато-масс-спектрометрии с использованием методики масс-фрагментограмм. Высокое отношение суммы ароматических компонентов к сумме алфатических компонентов (5:1) в общей смеси углеводородов в ближнем диапазоне распределения ($\leq n\text{-C}18$) было обнаружено на масс-хроматограмме, зарегистрированной по полному ионному току.

Ключевые слова: кайчакские угли Кузбасса, термогидролиз, углеводороды, хромато-масс-спектрометрия

Rokosov Yu.V.

Rokosova N.N.

Goryunova P.V.

Rokosova V.Yu.

Romanova T.A.

CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETRY STUDY OF THE COMPOSITION OF HYDROCARBONS IN THERMOHYDROLYSIS PRODUCTS OF THE KAYCHAK COALS OF KUZBASS

The composition of the hydrocarbons in the products of thermohydrolysis of the Kaychak coals of Kuzbass, grade B, was studied using chromatography-mass spectrometry using the technique of mass fragmentograms. A high ratio of the sum of aromatic components to the sum of aliphatic components (5:1) in the total mixture of hydrocarbons in the near distribution range ($\leq n\text{-C}18$) was found on the mass chromatogram recorded by the total ion current.

Keywords: kaychak coals of Kuzbass, thermohydrolysis, hydrocarbons, gas chromatography-mass spectrometry

Введение

Для повышения эффективности глубокой переработки твердых горючих ископаемых Кузбасса необходимо в первую очередь решать проблему оценки углеводородогенерирующих свойств органического вещества угольного и горючесланцевого сырья на основе мониторинга его структурно-молекулярных превращений. Научные основы систем мониторинга этих структурно-молекулярных превращений разработаны с помощью экспериментов по термогидролизу сапропелитов Кузнецкого бассейна [1].

Что касается гумитов (углей и сланцев с гумусовым органическим веществом), то постановка экспериментов по их термогидролизу сдерживается трудностями прогнозирования состава продуктов из-за гораздо более сложной структурной организации гумусового органического вещества [2]. Хотя теоретические структурные модели лигниновых геополимеров, составляющих основную массу гумитов, менее надежны и обоснованы, чем структурно-молекулярные модели полимерлипидного вещества сапропелитов, результаты хромато-масс-спектрометрического изучения первичных продуктов термогидролиза гумитов необходимы как для верификации теоретических данных, так и для определения перспектив расширения сырьевой базы углехимического комплекса Кемеровской области за счет вовлечения в химическую переработку гумусовых углей.

Цель данного исследования – определение группового и структурно-молекулярного состава углеводородных соединений ближнего диапазона распределения (\leq н-C18), генерируемых в процессе термогидролиза гумитов – кайчакских гумусовых углей Кузбасса – в условиях, близких к оптимальным (400 °C, 1 ч) по извлекаемости жидких веществ.

Экспериментальная часть

Объектами исследования являлись углеводороды ближнего диапазона распределения (\leq н-C18), генерируемые в процессе термогидролиза гумитов в условиях, близких к оптимальным (400 °C, 1 ч) по извлекаемости жидких веществ.

Характеристика исходного образца углей приведена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика исходного образца кайчакских углей Кузб

Выход летучих веществ V_{daf} , %	Зольность A^d , %	Элементный состав, % (на daf)			Атомное отношение	
		C	H	N + S + O	H/C	O/C
52,9	19,1	63,0	3,2	33,8	0,61	0,40

Примечание. Ad – зольность на сухое состояние топлива, Vdaf – выход летучих веществ на сухое беззольное состояние топлива.

Методики термогидролитической переработки углей и горючих сланцев и разделения продуктов их термогидролиза на фракции нейтральных и кислых органических соединений описаны в [3, 4].

Выходы хроматографических фракций, предназначенных для изучения методами ХМС-анализа и химической информатики (% в расчете на органическую массу): нейтральные соединения 26,4; кислые соединения 1,1.

Фракцию нейтральных соединений анализировали на газовом хроматографе Agilent 6890N с масс-селективным детектором 5973. Условия разделения: газ-носитель гелий; колонка HP-

5MS, 30 м x 25 мм; температура испарителя 250 °C, повышение температуры колонки от 50 °C (3 мин) до 250 °C со скоростью 2 °C/мин с выдержкой 2 ч при 250°C. Энергия ионизирующих электронов 70 эВ. Индивидуальные соединения и их гомологи определяли по масс-спектрам при помощи информационно-поисковых программ AMDIS и ChemStation.

Результаты и их обсуждение

Состав углеводородов в продуктах термогидролиза кайчакских углей марки Б изучали методом хромато-масс-спектрометрии с использованием методики масс-фрагментограмм. Полученные данные по масс-хроматограмме по полному ионному току и масс-фрагментограммам соединений позволили установить групповой состав термогидролизных углеводородных соединений близкого диапазона распределения. Состав термогидролизных фракций очень сложный, поэтому нами предложено последовательно исследовать соединения из близкого (\leq n-C18), среднего и дальнего диапазонов их распределения на масс-хроматограмме, записанной по полному ионному току. Сопоставление масс-хроматограммы по полному ионному току и масс-фрагментограмм позволило получить качественный состав углеводородов термогидролизата.

Алканы присутствуют в термогидролизате (табл. 2), их пики C13-C18 хорошо видны на масс-хроматограмме, однако они не являются основными по содержанию. Их относительное содержание вместе с алканами не превышает 5 %.

Таблица 2

Результаты идентификации алканов и алканов близкого диапазона распределения (\leq n-C18)

Номер пика	Время выхода, мин	Содержание, %	Молекулярный вес	Соединение	
1	31.01	0,33	184	n-Тридекан C ₁₃ H ₂₈	
2	36.78	0,20	196	5-Тетрадециен C ₁₄ H ₂₈	
3	37.35	0,28	198	Тетрадекан C ₁₄ H ₃₀	
4	37.64	0,18	196	2-Тетрадециен C ₁₄ H ₂₈	
5	43.42	0,54	212	Пентадекан C ₁₅ H ₃₂	
6	49.15	0,55	226	Гексадекан C ₁₆ H ₃₄	
7	54.63	1,04	240	Гептадекан C ₁₇ H ₃₆	
8	54.88	0,49	238	3-Гептадециен C ₁₇ H ₃₄	
9	55.46	0,36	238	8-Гептадециен C ₁₇ H ₃₄	
10	56.15	0,32	196	7-Метил-6-тридециен C ₁₄ H ₂₈	
11	59.82	0,40	254	Октадекан C ₁₈ H ₃₈	
12	60.64	0,29	252	5-Октадециен C ₁₈ H ₃₆	

Установлено, что основными компонентами являются алкилароматические соединения. Алкилбензолы (1,56 %) представлены как чисто метил- (0,17 %) и этил- (0,22 %) замещенными соединениями, так и соединениями, содержащими разные алкильные заместители, в том числе пропильные и бутенильные (табл. 3).

Таблица 3

Результаты идентификации алкилзамещенных бензолов

№ п/п	Время выхода, мин	Содержание, %	Молекулярный вес	Соединение
1	7.69	0,01	92	Толуол C_7H_8 
2	7.79	0,03	106	1,4-Диметилбензол C_8H_{10} 
3	12.38	0,06	120	1,3,5-Триметилбензол C_9H_{12} 
4	13.78	0,07	120	1,2,3-Триметилбензол C_9H_{12} 
5	15.00	0,05	118	1-Пропенилбензол C_9H_{10} 
6	15.28	0,02	134	1,3-Диэтилбензол $C_{10}H_{14}$ 
7	15.37	0,02	134	1-Метил-3-пропилбензол $C_{10}H_{14}$ 
8	15.56	0,02	134	1,4-Диэтилбензол $C_{10}H_{14}$ 
9	15.80	0,02	134	1-Этил-3,5-диметилбензол $C_{10}H_{14}$ 
10	21.33	0,05	134	1-Метил-4-(1-метилэтил)-бензол $C_{10}H_{14}$ 
11	25.96	0,11	160	(1,3-Диметил-2-бутенил)бензол $C_{12}H_{16}$ 
12	26.15	0,05	160	(1-Бутенил-2,3-диметил)бензол $C_{12}H_{16}$ 
13	37.81	0,15	162	1-(2-Бутенил)-2,3-диметилбензол $C_{12}H_{18}$ 
14	41.36	0,18	162	1,3,5-Триэтилбензол $C_{12}H_{18}$ 

Из алкилциклоалканов в заметной концентрации (0,01 %) обнаружен только 1,2,3-триметилциклогексан C_9H_{18} (время выхода 9.70 мин).

Как оказалось (табл. 4), алкилзамещенные инданы (5,82 %) представлены соединениями с преимущественно метильными заместителями: моно- (0,84 %), ди- (2,0 %), три- (1,25 %) и тетра- (0,92 %).

Алкилзамещенные инданы по содержанию (2,67 %) уступают алкилинданам, но также представлены преимущественно метилсодержащими соединениями (табл. 5).

Таблица 4

Результаты идентификации алкилзамещенных индан

№ п/п	Время выхода, мин	Содержа- ние, %	Молеку- лярный вес	Соединение
1	17.29	0,34	132	1-Метилиндан $C_{10}H_{12}$ 
2	20.50	0,21	132	6-Метилиндан $C_{10}H_{12}$ 
3	20.74	0,04	146	1,3-Диметилиндан $C_{11}H_{14}$ 
4	21.18	0,29	132	4-Метилиндан $C_{10}H_{12}$ 
5	23.60	0,34	146	1,4-Диметилиндан $C_{11}H_{14}$ 
6	23.89	0,11	146	2,2-Диметилиндан $C_{11}H_{14}$ 
7	24.23	1,17	146	1,2-Диметилиндан $C_{11}H_{14}$ 
8	26.52	0,18	146	4-Этилиндан $C_{11}H_{14}$ 
9	26.81	0,07	160	1,1,3-Триметилиндан $C_{12}H_{16}$ 
10	27.07	0,06	160	1,5,7-Триметилиндан $C_{12}H_{16}$ 
11	27.20	0,08	160	1,1,5-Триметилиндан $C_{12}H_{16}$ 
12	27.51	0,23	146	4,7-Диметилиндан $C_{11}H_{14}$ 
13	27.80	0,11	144	3,3-Диметилиндэн $C_{11}H_{12}$ 
14	31.51	0,23	160	4,6,7-Триметилиндан $C_{12}H_{16}$ 
15	31.93	0,14	160	1,1,6-Триметилиндан $C_{12}H_{16}$ 
16	32.45	0,22	160	1,4,7-Триметилиндан $C_{12}H_{16}$ 
17	34.23	0,12	174	1,1,4,7-Тетраметилиндан $C_{13}H_{18}$ 
18	35.78	0,40	174	1,1,5,6-Тетраметилиндан $C_{13}H_{18}$ 
19	36.48	0,45	160	4,5,7-Триметилиндан $C_{12}H_{16}$ 
20	37.07	0,23	172	2,3-Дигидро-1,1,5,6-тетраметил-индан $C_{13}H_{18}$ 
21	37.48	0,10	174	2-Этил-4,6-диметилиндан $C_{13}H_{18}$ 
22	38.73	0,17	174	1,1,4,6-Тетраметилиндан $C_{13}H_{18}$ 
23	41.06	0,53	172	1,1-Диметил-3-винилиндан $C_{13}H_{16}$ 

Таблица 5

Результаты идентификации алкилзамещенных инденов

№ п/п	Время выхода, мин	Содержа- ние, %	Молеку- лярный вес	Соединение
1	21.52	0,10	130	1-Метилинден $C_{10}H_{10}$ 
2	28.35	0,45	144	2,3-Дигидро-4,7-диметилинден $C_{11}H_{12}$ 
3	28.81	0,18	146	2,3-Диметил-1Н-инден $C_{11}H_{12}$ 
4	29.53	0,25	146	2,3-Дигидро-4,7-диметил-1Н-инден $C_{11}H_{12}$ 
5	35.49	0,86	158	1,2,3-Триметил-1Н-инден $C_{12}H_{14}$ 
6	46.75	0,83	170	3-(2-Метил-пропенил)-1Н-инден $C_{13}H_{14}$ 

Как следует из данных, представленных в таблице 6, в смеси алкилзамещенных соединений тетралинового ряда, извлекаемых из термогидролизата кайчакских гумусовых углей, хромато-масс-спектрометрически идентифицированы метил-, этил- и пропилзамещенные соединения. Суммарное относительное содержание всех алкилтетралинов составляет 1,67 %.

Таблица 6

Результаты идентификации алкилзамещенных тетралинов

№ п/п	Время выхода, мин	Содержа- ние, %	Молеку- лярный вес	Соединение
1	29.14	0,13	160	6,7-Диметил-1,2,3,4- тетрагидронфталин $C_{12}H_{16}$ 
2	32.64	0,14	160	6-Этил-1,2,3,4- тетрагидронфталин $C_{12}H_{16}$ 
3	33.62	0,65	174	6-Пропил-1,2,3,4- тетрагидронфталин $C_{13}H_{18}$ 
4	34.84	0,18	174	7-Пропил-1,2,3,4- тетрагидронфталин $C_{13}H_{18}$ 
5	35.78	0,40	174	1,2,3,4-Тетрагидро-1,1,6- триметилнафталин $C_{13}H_{18}$ 
6	38.73	0,17	174	1,2,3,4-Тетрагидро-1,1,6-триметилнафталин $C_{13}H_{18}$ 

Помимо алкилтетралинов, зарегистрировано также присутствие в термогидролизате ряда алкилзамещенных дигидронфталинов (табл. 7). По содержанию (2,12 %) они ненамного пре-восходят алкилтетралины.

Таблица 7

Результаты идентификации алкилзамещенных дигидронафталино

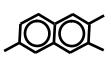
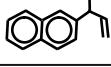
№ п/п	Время выхода, мин	Содержа- ние, %	Молеку- лярный вес	Соединение
1	28.57	0,28	142	1,2-Дигидро-3-метилнафталин <chem>C11H12</chem> 
2	37.48	0,10	172	1,2-Дигидро-3,6,8- trimетилнафталин <chem>C13H16</chem> 
3	45.03	0,75	172	1,2-Дигидро-2,5,8- trimетилнафталин <chem>C13H16</chem> 
4	47.44	0,38	186	3-(1,1-Диметилэтил)-1,2-дигидро- нафталин <chem>C14H18</chem> 
5	58.74	0,17	196	1,2-Дигидро-2,?,?,?-тетраметил- нафталин <chem>C14H18</chem> 
6	59.40	0,38	196	1,2-Дигидро-2,?,?,?-тетраметил- нафталин <chem>C14H18</chem> 
7	59.60	0,06	196	1,2-Дигидро-2,?,?,?-тетраметил- нафталин <chem>C14H18</chem> 

Заметное относительное содержание (5,64 %) алкилзамещенных нафталинов (табл. 8) в составе термогидролизата кайчакского угля представляет особый интерес, потому что с большой долей вероятности эти соединения являются предшественниками алкилзамещенных тетралинов и дигидронафталинов. Действительно, алкилзамещенные тетралины и дигидронафталины можно рассматривать в качестве соединений, происхождение которых связано с обогащением водородом алкилзамещенных нафталинов. Это логичное предположение, так как важная роль сверхкритической воды в термогидролитических превращениях органического вещества углей заключается не только в растворении органических компонентов, но и в том, что она выступает в качестве внутреннего источника водорода, т.е. при термогидролизе углей молекулы воды становятся донорами водорода. Диссоциирующая в сверхкритическом состоянии вода служит эффективным донором водорода, приводя к гидрированию продуктов [5].

Таблица 8

Результаты идентификации алкилзамещенных нафталино

№ п/п	Время выхода, мин	Содержа- ние, %	Молеку- лярный вес	Соединение
1	30.44	0,61	142	1-Метилнафталин <chem>C11H10</chem> 
2	31.39	0,15	142	2-Метилнафталин <chem>C11H10</chem> 
3	38.23	1,04	156	1,5-Диметилнафталин <chem>C12H12</chem> 
4	39.45	0,70	156	1,2-Диметилнафталин <chem>C12H12</chem> 

5	40.24	1,09	156	1,4-Диметилнафталин $C_{12}H_{12}$	
6	44.50	0,14	170	2,3,6-Триметилнафталин $C_{13}H_{14}$	
7	45.75	0,52	170	1,4,6-Триметилнафталин $C_{13}H_{14}$	
8	47.94	0,42	170	?,-?-Триметилнафталин $C_{13}H_{14}$	
9	49.40	0,27	168	1-Аллилнафталин $C_{13}H_{12}$	
10	49.97	0,70	182	2-(1-Метил-2-пропенил)-нафталин $C_{13}H_{12}$	

Бесспорно, что выводы на основе вышеупомянутого предположения о гидрировании алкилнафталинов имеют предварительный характер и применимы ограниченно до тех пор, пока процесс термогидролиза не будет изучен в широком интервале температур ($> 400^{\circ}\text{C}$), чтобы проанализировать дальнейшие изменения содержания исходных и промежуточных алкиларomaticских соединений.

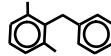
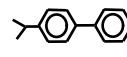
В термогидролизате кайчакских углей также присутствуют алкилзамещенные бициклические соединения (табл. 9). Суммарное относительное содержание этих соединений 4,25 %.

Кроме того, в составе углеводородных соединений ближнего диапазона распределения ($\leq \text{n-C18}$) идентифицированы два полиарomaticких голоядерных соединения $C_{14}H_{10}$ – антрацен (0,32 %) и фенантрен (0,50 %). Время выхода их на хроматограмме 58,42 и 59,03 мин, соответственно.

Таблица 9

Результаты идентификации алкилзамещенных бициклических соединений

№ п/п	Время выхода, мин	Содержа- ние, %	Молеку- лярный вес	Соединение	
1	48.28	0,67	168	3-Метил-1,1'-бифенил $C_{13}H_{12}$	
2	48.74	0,57	168	2-Метил-1,1'-бифенил $C_{13}H_{12}$	
3	55.09	0,35	182	4,4'-Диметил-1,1'-бифенил $C_{14}H_{14}$	
4	55.77	0,19	182	?,-?-Диметил-1,1'-бифенил $C_{13}H_{12}$	
5	55.82	0,15	182	?,-?-Диметил-1,1'-бифенил $C_{13}H_{12}$	
6	55.97	0,16	182	3,3'-Диметил-1,1'-бифенил $C_{13}H_{12}$	
7	56.43	0,23	196	1-Метил-3-(3-метилбензил)- бензол $C_{15}H_{16}$	
8	56.74	0,26	196	2,4-Диметил-1-(фенилметил)- бензол $C_{15}H_{16}$	
9	57.11	0,49	196	3,5-Диметил-1-(фенилметил)- бензол $C_{15}H_{16}$	

10	57.47	0,47	196	2,6-Диметил-1-(фенилметил)- бензол C ₁₅ H ₁₆	
11	60.07	0,71	196	4-Изопропилбифенил C ₁₅ H ₁₆ 4-(1-Метилэтил)-1,1'-бифенил	

Таким образом, исходя из площадей пиков на фрагментограммах и учитывая вклад осколочных ионов в полный ионный ток, рассчитано содержание индивидуальных компонентов. Затем просуммировано содержание компонентов по классам соединений. Таким образом, установлено процентное содержание этих групп соединений в общей смеси компонентов всего диапазона распределения, и определен в ближнем диапазоне (\leq н-C18) групповой состав углеводородов термогидролизата кайчакского угля (табл. 10).

Таблица 10

Групповой состав углеводородов ближнего диапазона распределения

Групповые компоненты	Содержание, % мас.
Алканы и алкены	4,69
Циклоалканы	0,01
Моноциклические ароматические соединения (алкилбензолы, алкилинданы и алкилтетралины)	13,84
Бициклические углеводороды (нафталин и его гомологи)	9,89
Полиароматические углеводороды	0,82

Согласно полученным данным (см. табл. 10), соотношение суммы ароматических углеводородов к сумме алифатических углеводородов оказалось приблизительно следующим – 23,7 % : 4,7 % (5:1).

Заключение

Наличие подходящих условий термогидролиза приводит к гидролитическому разложению органического вещества гумусовых углей и к образованию смесей соединений прогнозируемого состава, в том числе алканов, алkenов, циклоалканов и алкилзамещенных ароматических углеводородов, состав и происхождение которых заслуживают специального рассмотрения при доказательстве генетических связей углеводородов нефти и природных соединений. Проведенное исследование термогидрогенетических углеводородов ближнего диапазона распределения (\leq н-C18) свидетельствует об эффективности использования метода хромато-масс-спектрометрии при определении структурно-молекулярного и группового состава углеводородных соединений, генерируемых в процессе термогидролиза гумусовых углей.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Кемеровской области в рамках научного проекта № 20-43-420001.

Хромато-масс-спектрометрические исследования выполнены с использованием оборудования ЦКП (ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово).

ЛИТЕРАТУРА

1. Рокосов Ю.В., Горюнова П.В., Рокосова Н.Н., Рокосова В.Ю., Романова Т.А. Повышение надёжности оценки углеводородогенерирующих свойств сапропелитов Кузбасса за счёт при-

- менения методов термогидролиза и XMC-анализа // Естественные и технические науки. 2020. №. 8 (146). С. 183-199.
2. Рокосов Ю.В., Рокосова Н.Н. Биогеогенетические основы углехимии. Теория и практика изучения структурно-молекулярного строения органической массы каустобиолитов. Deutschland, Saarbrücken: LAP LAMBERT Acad. Publ., 2013. 164 р.
 3. Рокосов Ю.В., Горюнова П.В., Рокосова Н.Н., Рокосова В.Ю. Методические аспекты мониторинга реакционной способности сапропелитов при термогидролизе: Оценка стадии карбонизации органического вещества // Естественные и технические науки. 2020. № 9 (147). С. 181–186.
 4. Рокосов Ю.В., Горюнова П.В., Рокосова Н.Н., Рокосова В.Ю. Методические аспекты мониторинга реакционной способности сапропелитов при термогидролизе: XMC-анализ органических компонентов // Естественные и технические науки. 2020. № 10 (148). С. 166–178.
 5. Востриков А.А., Дубов Д.Ю., Псаров С.А. Пиролиз эйкозана в сверхкритической воде // Известия АН. Сер. хим. наук. 2001. № 8. С. 1406–1408.

Технология продовольственных продуктов

Процессы и аппараты пищевых производств

Шанин В.А., аспирант

**Алексеев Г.В., доктор технических наук,
профессор**

**Кравцова Е.В., кандидат технических
наук, преподаватель**

Каршева К.О.

**(Национальный исследовательский уни-
верситет ИТМО)**

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА КЛЕЙСТЕРИЗУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ КАРТОФЕЛЬНОГО КРАХМАЛА

В работе исследуется влияние ультразвуковой обработки на функциональные свойства картофельного крахмала. Были проведены экспериментальные исследования зависимости вязкости крахмальных клейстеров от режима ультразвуковой обработки нативного крахмала. Полученные данные позволяют говорить о том, что модифицированный крахмал, полученный при воздействии ультразвука с частотой 22 кГц образует более вязкие клейстеры, по сравнению с обработкой при 44 кГц.

Ключевые слова: ультразвук, крахмал, кавитация, физическая модификация, клейстеризация, вязкость.

Shanin V.A.

Alekseev G.V.

Kravtsova E.V.

Karsheva K.O.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF ULTRASONIC PROCESSING ON THE GLUEING ABILITY OF POTATO STARCH

The paper investigates the effect of ultrasonic treatment on the functional properties of potato starch. Experimental studies of the dependence of the viscosity of starch pastes on the mode of ultrasonic treatment of native starch were carried out. The data obtained allow us to say that the modified starch obtained by exposure to ultrasound with a frequency of 22 kHz forms more viscous pastes compared to processing at 44 kHz.

Keywords: ultrasound, starch, cavitation, physical modification, gelatinization, viscosity.

В настоящее время в пищевой промышленности используются различные функциональные компоненты, повышающие пищевую и биологическую ценность пищевых продуктов, улучшающие технологичность их переработки и физико-химические свойства. В качестве таких функциональных добавок в пищевой промышленности активно применяются модифицированные крахмалы, обладающие различными свойствами.

Нашей задачей было определить, какая частота ультразвуковых колебаний наиболее подходит для получения модифицированных крахмалов, способных образовывать клейстеры с высокой вязкостью.

Подготовка образцов происходила следующим образом. Навеску крахмала при активном перемешивании растворяют в воде в такой емкости с объемом 250 мл, чтобы высота столба жидкости составляла около 10 см. Обработку производили при помощи генератора ультразвуко-

вых колебаний с номинальной мощностью 1 кВт, с возможностью работы на частотах 22кГц и 44кГц. Зонд излучателя ультразвука погружается в раствор вертикально на глубину 3 см. Устанавливается режим обработки (мощность, время) и включается генератор. После окончания обработки извлекают зонд излучателя из раствора, а раствор переливают в коническую колбу объемом 1 л и перемешивают.

Затем необходимо провести клейстеризацию полученных образцов. Для этого заранее подготавливается кипящая водяная баня, на которую устанавливается коническая колба с полученным раствором. В течение 5 минут раствор в колбе непрерывно перемешивают, не допуская выпадения осадка. После этого раствор выдерживают еще в течение 6 минут без перемешивания, а затем снимают колбу с водяной бани. Сразу после окончания обработки раствор в конической колбе охлаждают проточной водой до комнатной температуры (20 ± 2 $^{\circ}\text{C}$) и отбирают пробу для определения вязкости.

Вязкость образцов измерялась на вискозиметре ВПЖ-4 с диаметром капилляра 4,22 мм по методике, описанной в ГОСТ 33768-2015. Для обеспечения точности полученных экспериментальных данных, на каждом режиме обработки готовилось по три образца. Результаты измерений приведены на графике (рисунок 1).



Рис. 1. зависимость кинематической вязкости крахмального клейстера от частоты обработки

На основании результатов эксперимента можно сделать вывод о том, что для получения модифицированного крахмала, обладающего способностью образовывать высоковязкие клейстеры, целесообразно применять обработку ультразвуком на частоте 22 кГц, так как при этих параметрах достигаются наибольшие значения вязкости крахмальных клейстеров. Результаты исследования могут найти применение при разработке технологического оборудования для производства модифицированных крахмалов, а также для оптимизации режимов работы существующих промышленных и лабораторных ультразвуковых установок.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 53876-2010. Крахмал картофельный. Технические условия.
2. Кузьмина В.П. Механохимия для модификации крахмал продуктов / В.П. Кузьмина. – Москва, 2014. – 292 с.
3. Руськина, А.А. Попова, Н.В. Руськин, Д.В. Модификация крахмала с помощью ультразвукового воздействия как инструмент изменения его техно-логических характеристик // Вестник ЮУрГУ. – 2018. – Т. 6. – №1. – С. 69–74.

**Процессы и машины
агроинженерных систем**

**Технологии и средства технического
обслуживания в сельском хозяйстве**

Андреев А.А., аспирант

*Апатенко А.С., доктор технических наук,
доцент, зав. кафедрой*

*Гусев С.С., кандидат технических наук
(Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К.А. Тими-
рязева)*

УДК 631.3.678.63

ОЧИСТКА НЕФТИНЫХ МАСЕЛ ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

В статье представлена математическая модель очистки отработанных масел от механических частиц, методом фильтрования через фильтроэлемент из ПГС-полимера, цилиндрической формы. Предложены расчетные параметры фильтрующего материала с заданным размером пор, являющиеся основной структурной характеристикой пористой перегородки, определения ресурсных показателей этой перегородки и формулы расчета скорости фильтрования.

***Ключевые слова:** Фильтрация, отработанные масла, скорость, поры, регенерация, полимер, ресурс.*

Andreev A.A.

Apatenko A.S.

Gusev S.S.

PURIFICATION OF PETROLEUM OILS FROM MECHANICAL IMPURITIES

The article presents a mathematical model for the purification of waste oils from mechanical particles by filtration through a filter element made of PGS-polymer cylindrical in shape. The design parameters of the filtering material with a given pore size, which are the main structural characteristic of the porous partition, are proposed, the determination of the resource indicators of this partition and the formula for calculating the filtration rate.

***Keywords:** filtration, waste oils, speed, pores, regeneration, polymer, resource.*

Очистка нефтяных масел от механических загрязнений

В классическом виде фильтрационные системы, имеют несколько циклов очистки нефтяных масел, что усложняет процесс восстановления и способствует их удорожанию. Предложенные фильтры, изготовленные из ПГС-полимера, могут иметь любую заранее заданную геометрическую форму, которая зависит от конфигурации, применяемой при синтезе этого материала пресс-формы, и это позволяет проводить процесс очистки масел одним циклом. Наиболее широко распространены фильтроэлементы цилиндрической формы, которые хорошо сочетаются с цилиндрическими корпусами, применяемыми при проектировании и изготовлении регенерационного оборудования гидравлических систем. Цилиндрическая форма кор-

пуска выбирается из технологических соображений и прочностных требований. Поэтому при построении модели очистки отработанных нефтяных масел от механических частиц методом фильтрования через фильтроэлемент из ПГС-полимера, рассмотрим закономерности этого процесса применительно к полому толстостенному вертикальному пористому цилиндуру, очищаемое масло к которому поступает снаружи.

Течение масла в цилиндрической пористой перегородке имеет отличия от аналогичного процесса в плоской перегородке, так как средняя скорость потока масла (скорость фильтрования) изменяется в радиальном направлении и для каждого цилиндрического сечения зависит от радиуса этого сечения. Расчетная схема приведена на рис. 1.

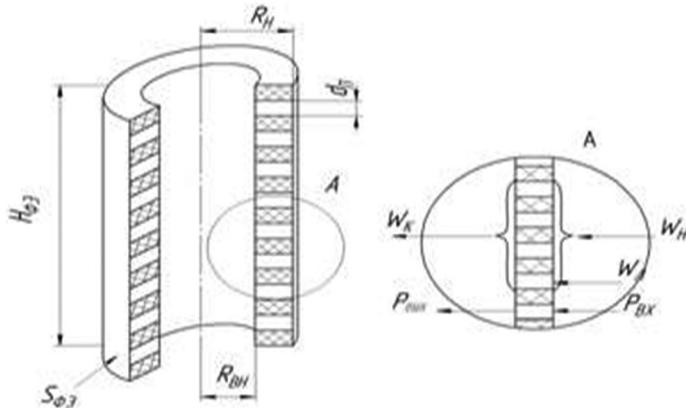


Рис. 1. Схема течения масла через цилиндрическую перегородку из ПГС-полимера.

При построении модели течения масла через вертикальный цилиндрический фильтроэлемент принимаем ряд допущений:

- поток масла имеет ламинарный характер;
- масло является однородным по своим физическим свойствам, которые не изменяются на всем протяжении от наружной до внутренней поверхности фильтроэлемента;
- поток масла является одномерным, т.е. перемещается в радиальном направлении, а вертикальные и тангенциальные перемещения масла вдоль наружной стенки фильтроэлемента и внутри пористой перегородки отсутствуют;
- давление масла на наружную стенку фильтроэлемента одинаково по всей его высоте.

При математическом описании процесса фильтрования потока масла через пористую перегородку следует использовать уравнение неразрывности потока, уравнение закона Дарси и учитывать граничные условия.

Уравнение неразрывности для радиального одномерного потока в цилиндрических координатах имеет вид:

$$\frac{dW_R}{dR} + \frac{W_R}{R} = 0 \quad (1)$$

где, WR – фиктивная скорость потока (скорость фильтрования), м/с, в цилиндрическом сечении радиуса R ,м.

Уравнение Дарси в общем виде может быть представлено выражением:

$$q = K_{\Pi} \cdot \frac{\Delta P}{\mu \cdot H'} \quad (2)$$

где $q = \frac{Q}{S}$ – удельная пропускная способность пористой перегородки, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$;
 Q – пропускная способность фильтроэлемента, $\text{м}^3/\text{с}$;

S – площадь фильтроэлемента, м²;

КП – коэффициент проницаемости, м²;

ΔР – перепад давления на пористой перегородке, Па;

μ – динамическая вязкость масла, Па·с;

H – толщина пористой перегородки, м.

Перейдя к цилиндрическим координатам и продифференцировав уравнение (2), имеем:

$$W_R = \frac{K_P}{\mu} \cdot \frac{dP_R}{dR}, \quad (3)$$

где PR – давление, Па, в цилиндрическом сечении радиуса R, м.

Радиальная скорость в каждом цилиндрическом сечении связана с радиусом этого сечения соотношением:

$$W_R = W_H \cdot \frac{R_H}{R}, \quad (4)$$

где WH – фактическая скорость потока (средняя скорость фильтрования) на наружной поверхности фильтроэлемента, м/с;

RH – наружный радиус фильтроэлемента, м.

Решая совместно уравнения (2) и (3), получим в дифференциальной форме зависимость давления потока масла от радиуса цилиндрического сечения, к которому приложено это давление [1]:

$$\frac{d^2 P_R}{dR^2} + \frac{1}{R} \cdot \frac{dP_R}{dR} = 0 \quad (5)$$

или

$$\frac{d}{dR} \cdot \left(R \cdot \frac{dP_R}{dR} \right) = 0, \quad (5a)$$

Проинтегрировав это уравнение, получим:

$$P_R = c_1 \cdot \ln R + c_2, \quad (6)$$

где c_1 и c_2 – постоянные, определяемые из следующих граничных условий:

– на наружной поверхности фильтроэлемента, т.е. при $R = RH$, $PR = P_{вх}$ – давление на входе в фильтроэлемент;

– на внутренней поверхности фильтроэлемента, т.е. при $R = R_{вн}$, $PR = P_{вых}$ – давление на выходе из фильтроэлемента.

После подстановки этих граничных условий в уравнение (6), получим:

$$P_{вх} = c_1 \ln R_{вн} + c_2,$$

$$P_{вых} = c_1 \ln R_{вн} + c_2,$$

$$\text{Откуда: } c_1 = \frac{P_{вх} - P_{вых}}{\ln \frac{R_{вн}}{R_{вн}}} \text{ и } c_2 = P_{вых} - \frac{P_{вх} - P_{вых}}{\ln \frac{R_{вн}}{R_{вн}}} \cdot \ln R_{вн}$$

Подставляя эти значения в уравнение (6), получим:

$$P_R = P_{вых} + \frac{\Delta P}{\ln \frac{R_{вн}}{R_{вн}}} (\ln R - \ln R_{вн}), \quad (7)$$

где $\Delta P = P_{вх} - P_{вых}$ – перепад давления на фильтроэлементе, Па.

Путем совместного решения уравнений (3) и (7) получим значения скорости потока масла (скорости фильтрования) на входе в цилиндрический фильтроэлемент и на выходе из него:

$$W_h = \frac{K_n}{\mu \cdot R_h} \cdot \frac{\Delta P}{\ln \frac{R_h}{R_{eh}}} \quad (8)$$

$$W_{eh} = \frac{K_n}{\mu \cdot R_{eh}} \cdot \frac{\Delta P}{\ln \frac{R_h}{R_{eh}}} \quad (9)$$

Выражения (7–9) справедливы при условии, что соблюдается допущение об однородности фильтруемого масла во всей исследуемой области. Отработанные нефтяные масла являются супензиями, содержащими наряду с жидкой фазой твердые частицы, которые по мере прохождения масла через пористую перегородку будут задерживаться в порах, что вызовет изменения значений параметров, определяемых с помощью выражений (7–9). Период, за который значение перепада давления на фильтроэлементе достигнет максимально допустимой величины или значения скорости фильтрования – минимально допустимой величины, является ресурсом работы фильтроэлемента, выраженным в единицах времени.

Процесс фильтрования супензии, содержащей твердые частицы, может протекать при постоянном перепаде давления на фильтроэлементе или при постоянной скорости фильтрования, а также при переменных перепаде давления и скорости фильтрования. Соответственно будут иметь место зависимости:

$$W = f(\tau) \text{ при } \Delta P = const; \quad (10)$$

$$\Delta P = f(\tau) \text{ при } W = const; \quad (11)$$

$$W = f(\tau), \Delta P = \psi(\tau) \quad (12)$$

В системе нефтепродуктообеспечения нефтяные масла перекачиваются насосами объемного типа, т.е. процесс фильтрования протекает при постоянной фактической скорости потока масла в каждом сечении фильтроэлемента согласно выражению (11). Это в полной мере относится и к отработанным нефтяным маслам при их регенерации.

Выражение (11) можно преобразовать к виду:

$$\Delta P = f(V_{уд}) \text{ при } W = const \quad (13)$$

где $V_{уд} = \frac{V_m}{S}$ – удельный объем масла, м³/м²;

V_m – объем масла, м³, прошедший через фильтроэлемент за промежуток времени τ , с.

В этом случае ресурс работы фильтроэлемента выражается в единицах объема отфильтрованного масла.

Конкретный вид зависимостей (11) и (13) определяется характером взаимодействия частиц загрязнений и пористой перегородки, от которого зависит механизм удаления указанных частиц из масла при фильтровании.

Основную роль в этом процессе играют гранулометрический состав загрязнений и поровая структура фильтрующего материала.

Известно [2], что пористые материалы типа ПГС-полимеров имеют довольно узкий диапазон распределения пор по размерам (отклонения составляют не более $\pm 10\%$ от номинального значения), поэтому при определении ресурса работы этих материалов можно принять допущения, что поры распределены по сечению материала равномерно, размеры всех пор материала

(длина и диаметр) равны между собой, т.е. его структура является однородной, а диаметр пор не изменяется по толщине материала.

В связи с этим твердые загрязнения в отработанном масле будем рассматривать как полидисперсную систему, состоящую из частиц, размер которых колеблется в широком диапазоне, а фильтрующий материал – как однородную пористую структуру с фиксированным размером пор. Следовательно, влияние твердых частиц загрязнений на гидравлические и ресурсные свойства фильтрующего материала зависят от размеров этих частиц, все многообразие которых с достаточной степенью достоверности можно разделить на три группы, как показано на рисунке 2:

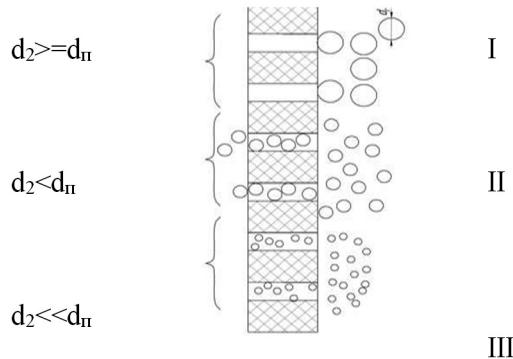


Рис. 2 Схема взаимодействия частиц загрязнений с пористой перегородкой:
частицы с размерами, превышающими размер пор или равными ему ($d_u \geq d_n$);
частицы с размерами, меньшими размера пор ($d_u < d_n$);
частицы с размерами, значительно меньшими размера пор ($d_u \ll d_n$);

Можно считать, что частицы загрязнений первой группы задерживаются фильтрующим материалом по механизму простого отсеивания, когда одна частица полностью закупоривает одну пору. Частицы загрязнений второй группы, механизм задержки которых носит более сложный характер, оседают внутри пор, частично перекрывая их живое сечение. Будем считать, что частицы третьей группы практически не задерживаются в порах фильтрующего материала ввиду их крайне малых размеров, поэтому их влиянием на гидравлические и ресурсные свойства материала можно пренебречь.

С учетом сделанных допущений суммарный эффект задержки частиц загрязнений фильтрующим материалом представляет собой в общем случае совокупность эффектов полного закупоривания пор частицами (механизм отсеивания) и задержки частиц внутри пор (механизм частичного закупоривания пор). В первом случае имеют место зависимости:

$$N = f(\tau); dn = const \quad (16),$$

а во втором – зависимости:

$$N = const; dn = f(\tau), \quad (17)$$

где N – количество пор фильтрующего материала на единице его поверхности в начальный момент времени, шт.

Понятно, что нахождение суммарного влияния двух параллельно осуществляемых механизмов задержки частиц загрязнений на процесс фильтрования вызывает значительные трудности, которые можно исключить, если рассмотреть специфику технологических операций при регенерации отработанных нефтяных масел. Предназначенное для регенерации масло довольно продолжительное время отстаивается в таре для сбора отработанного продукта или в расходном баке регенерационной установки. При этом значительная часть наиболее круп-

ных частиц загрязнений выпадет в осадок. Перед подачей масла на регенерацию оно в обязательном порядке фильтруется через фильтр предварительной очистки, в котором задерживаются оставшиеся крупные частицы. Выбрав тонкость предварительной очистки масла таким образом, чтобы частицы загрязнений, размеры которых превышают размер пор фильтроэлемента из ПГС-полимера или соизмеримы с этим размером, задерживались фильтром предварительной очистки, можно сделать допущение, что в процессе регенерации отработанного нефтяного масла полное закупоривание пор фильтроэлемента из ПГС-полимера не происходит, а наблюдается только постепенное закупоривание пор частицами загрязнений, размер которых меньше размера пор фильтроэлемента.

При движении через пористую перегородку частиц, размер которых меньше размера ее пор, на эти частицы действуют различные силы, в результате чего проявляются механические и физико-химические эффекты: захват (зацепление) частицы глобулами материала; инерционное столкновение частицы со стенками пор, вызванное кривизной линии тока; гравитационное осаждение частицы; диффузия частицы в результате броуновского движения; адгезия частицы к стенкам пор; электростатическое взаимодействие частицы со стенками пор и т.п. Ввиду сложности анализа этих явлений процесс фильтрования масла через пористую перегородку целесообразно рассматривать, как вероятностный, определяемый соотношением размеров твердых частиц загрязнений и пор фильтрующего материала, не углубляясь в составляющие этот процесс конкретные механизмы. Коэффициент отфильтровывания частиц i -го размера для случая, когда все поры фильтрующего материала имеют одинаковый размер, может быть определен при использовании вероятностной формулы:

$$\phi_i = 1 - \frac{n_{io} - n_{i\phi}}{N} \cdot P_{(i)}, \quad (18)$$

где $\phi_i = \frac{n_{io} - n_{i\phi}}{n_{io}}$ – коэффициент отфильтровывания частиц i – размера;

n_{io} и $n_{i\phi}$ – количество частиц загрязнений i -го размера соответственно до и после фильтроэлемента, шт.;

$P_{(i)}$ – вероятность прохода частиц i -го размера через поры фильтроэлемента.

Вероятностная оценка эффекта задержки частиц загрязнений пористой перегородкой производится на основании вероятности прохода частиц через пору, которая принимается в зависимости от соотношения размеров поры и частицы. В работе [3] приводятся следующие значения этой величины:

при $d_{\varphi}/d_n > 1/3$	$P_{(i)} = 0;$
при $d_{\varphi}/d_n = 1/3$	$P_{(i)} = 0,75;$
при $d_{\varphi}/d_n < 1/3$	$P_{(i)} = 1$

В работе [4] показано, что коэффициенты отфильтровывания удовлетворительно аппроксимируются логарифмически-нормальным распределением, и после ряда математических преобразований получена зависимость:

$$\phi_i = \Phi\left(\frac{\lg d_{\varphi i} - \lg d_n}{\lg \beta}\right), \quad (19)$$

где $\Phi\left(\frac{\lg d_{\varphi i} - \lg d_n}{\lg \beta}\right)$ – табулированная функция;

$\lg \beta$ – параметр распределения.

Выражение (19) позволяет определить коэффициент отфильтровывания любой фракции частиц загрязнений размером $d_{\varphi i}$ при известном значении параметра $\lg d_n$. Для определения параметра распределения $\lg \beta$ найдено корреляционное уравнение [6].

$$\lg \beta = 0,5018 - 0,18951 \lg d_n \quad (20)$$

Подставив это значение в формулу (2.19), полагая $\phi_i = 0,95$ и найдя табличное значение для функции Φ , имеем:

$$\frac{\lg d_H - \lg d_n}{0,959 - 0,344 \lg d_n} = 1,65 \quad (21)$$

откуда $d_H = 0,144 d_n^{1,253}$,

где d_H – номинальная тонкость фильтрования пористого материала, мкм.

Для определения ресурса работы фильтроэлемента рассмотрим изменение величин перепада давления на пористой перегородке, связанное с постепенным закупориванием ее пор частицами загрязнений.

Как указывалось выше, процесс очистки отработанных нефтяных масел происходит при постоянной подаче насоса, и, следовательно, при постоянной скорости масла. Следует найти истинную (поровою) скорость потока масла, т.е. его скорость в порах фильтроэлемента. В соответствии со сделанными допущениями поры имеют одинаковый постоянный диаметр, и распределены в каждом сечении материала равномерно. Тогда поровая скорость, в отличие от фиктивной скорости, не будет изменяться по толщине пористой перегородки и будет связана с фиктивной скоростью на входе в фильтрующий элемент отношением:

$$W_n = \frac{W_H}{\Pi'} \quad (22)$$

где $\Pi' = \frac{S_H}{S_{\phi_3}}$ – просветность пористой перегородки;

S_{ϕ_3} – площадь поверхности фильтроэлемента, м²;

S_H – площадь поперечного сечения всех сквозных пор фильтроэлемента, м².

Подставив в это выражение значение скорости на входе в фильтроэлемент из формулы (8), имеем:

$$W_H = \frac{K_H \cdot \Delta P}{\mu \cdot R_H \cdot \Pi' \cdot \ln \frac{R_H}{R_{\text{ен}}}}, \quad (23)$$

где K_H – коэффициент проницаемости, м².

Для пористых перегородок, имеющих поры одинакового размера и формы, определение коэффициента проницаемости может производиться по формулам [7]:

$$K_H = \frac{d_{\text{ш}}^2 \cdot (\Pi')^2}{96 \cdot (1 - \Pi')}, \quad (24a)$$

или

$$K_H = \frac{\pi \cdot d_H^4 \cdot N}{128}, \quad (24b)$$

где $d_{\text{ш}}$ – диаметр сферической частицы, м;

d_H – диаметр поры, м;

N – количество пор на единицу поверхности, шт/м²;

$\Pi = \frac{V_H}{V_{\phi_3}}$ – пористость перегородки;

V_H – объем пор, м³;

V_{ϕ_3} – объем фильтроэлемента, м³.

В связи с тем, что в пористой перегородке, изготовленной из ПГС-полимера[8], определить прямыми измерениями размер составляющих ее сферических частиц (глобул) не представляется возможным, воспользуемся формулой (24б), что при сделанных нами допущениях вполне правомерно. Тогда:

$$W_{\Pi} = \frac{\pi \cdot d_{\Pi}^4 \cdot N \cdot \Delta P}{128 \cdot \mu \cdot \Pi' \cdot R_h \cdot \ln \frac{R_h}{R_{sh}}} \quad (25)$$

Выразим величину просветности перегородки через размер пор и их количество на единицу поверхности:

$$\Pi' = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\Pi}^2 \cdot N$$

подставив это значение в выражение (25), имеем:

$$W_{\Pi} = \frac{d_{\Pi}^2 \cdot \Delta P}{256 \cdot \mu \cdot R_h \cdot \ln \frac{R_h}{R_{sh}}} \quad (26)$$

В процессе фильтрования происходит постепенное закупоривание пор фильтроэлемента и возрастание перепада давления на нем до некоторого критического значения, которое и определяет ресурс работы фильтроэлемента[9]. В начальный период:

$$d_{\Pi} = \left(\frac{256 \cdot \mu \cdot W_{\Pi} R_h \ln \frac{R_h}{R_{sh}}}{\Delta P} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (27)$$

Соответственно после выработки ресурса фильтроэлементом:

$$d_{\Pi_{kp}} = \left(\frac{256 \cdot \mu \cdot W_{\Pi} R_h \ln \frac{R_h}{R_{sh}}}{\Delta P_{pred}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (28)$$

где ΔP_{pred} – предельно допустимая величина перепада давления на фильтроэлементе, Па.
Объем отложившихся в поре загрязнений:

$$V_{oml} = \frac{\pi \cdot d_{\Pi_{kp}}^2}{4} \cdot (R_h - R_{sh}) - \frac{\pi \cdot d_{\Pi}^2}{4} \cdot (R_h - R_{sh}) = \\ = 68 \cdot \mu \cdot W_{\Pi} \cdot R_h \cdot (R_h - R_{sh}) \cdot \ln \frac{R_h}{R_{sh}} \cdot \left(\frac{1}{\Delta P_{pred}} - \frac{1}{\Delta P} \right) \quad (29)$$

$$V_{otl} = V_m \cdot \chi_{otl}, \quad (30)$$

где V_m – объем масла, прошедший через пору, м³;

$\chi_{otl} = \chi_{ex} - \chi_{vых}$ – отношение объема отложений к объему отфильтрованного масла.

χ_{ex} и $\chi_{vых}$ – относительное объемное содержание загрязнений в масле на входе в фильтроэлемент и на выходе из него.

Обозначив постоянную для данного процесса очистки величину

$$C = 68 \cdot \mu \cdot W_{\Pi} \cdot R_h \cdot (R_h - R_{sh}) \cdot \ln \frac{R_h}{R_{sh}}$$

и решив совместно уравнения (2.29) и (2.30) относительно ΔP_{pred} имеем:

$$\Delta P_{pred} = \frac{\Delta P \cdot C}{C + V_m \cdot \chi_{otl} \cdot \Delta P} \quad (31)$$

В случае если предельно допустимый перепад давления на фильтроэлементе задан, можно определить ресурс работы данного элемента, как количество очищенного масла, решив выражение (31) относительно V_M :

$$V_M = \left(\frac{1}{\Delta P_{пред}} - \frac{1}{\Delta P} \right) \cdot \frac{c}{\chi_{омл}}, \quad (32)$$

или, подставив $V_M = Q \cdot \tau$, определить ресурс работы в единицах времени:

$$\tau = \left(\frac{1}{\Delta P_{пред}} - \frac{1}{\Delta P} \right) \cdot \frac{c}{\chi_{омл} \cdot Q}, \quad (33)$$

где Q – пропускная способность фильтроэлемента, м³/Все величины, входящие в выражения (31) – (33), могут быть найдены расчетным или экспериментальным путем.

По полученным зависимостям можно оценить основные параметры, характеризующие эффективность очистки отработанных нефтяных масел от твердых частиц загрязнений с помощью ПГС-полимеров. Это дает возможность выбора фильтрующего материала с заданным размером пор, являющегося основной структурной характеристикой пористой перегородки, и определения ресурсных показателей этой перегородки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фильтрация нефтепродуктов : монография / Э.И. Удлер ; ред. В.М. Витюгин; Том. инж.-строит. ин-т
2. *Hryeh Bah Txam* Исследования процесса очистки углеводородных горючих фильтрованными материалами при переменной подаче Дисс. к.т.н. Л.д., ВАТТ 1976, 189с
3. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М., ИЛ, 1956 244с.
4. Рыбаков К.В., Жұлдыбин Е.Н., Коваленко В.П. Обезвоживание авиационных горюче-смазочных материалов. М., Транспорт, 1979 182с.
5. Использование ПГС-полимеров для регенерации отработанных смазочных материалов. Тезисы докладов международной научно-практической конференции. «Новые технологии в переработке и утилизации отработанных масел и смазочных материалов. М., 2003 Коваленко В.П., Пирогов Е.Н., Улюкина Е.А., Гусев С.С.
6. Использование ПГС-полимеров для очистки жидкостей в сельскохозяйственном производстве. Вестник МГАУ им. В.П.Горячина, «Технический сервис в АПК». Вып.1, 2003 Коваленко В.П., Лесной К.Я., Гусев С.С., Леонов И.Н.
7. Эффективность регенерации отработанных нефтяных масел с помощью
8. ПГС-полимеров Вестник МГАУ им. В.П. Горячина, «Технический сервис в АПК». Вып. 1(6) 2004 Гусев С.С., Коваленко В.П., Улюкина Е.А., Пирогов Е.Н.
9. Коваленко В.П., Ильинский А.А., Основы техники очистки жидкостей от механических загрязнений. М., Химия, 1982. 272с
10. Гусев С.С., Физико-химическая очистка отработанных минеральных масел с помощью полимерных материалов. Мир нефтепродуктов. 2006 М.:–№ 6.– с.4.

Строительство и архитектура

Строительные конструкции, здания и сооружения

Феоктистова Л.А., кандидат технических наук, доцент

Фардеев А.Р., кандидат технических наук, доцент

**Рзаева Т.В., старший преподаватель
(Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета)**

АНАЛИЗ РАСЧЕТА ДЕРЕВЯННОЙ ЛИНЗООБРАЗНОЙ ФЕРМЫ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ SCAD

В данной работе был рассмотрен расчет фермы линзообразного очертания, в соответствии со сводом правил «Деревянные kleеные и цельнодеревянные конструкции» СНиП II – 25 – 80 (СП 64.13330 – 2011), с помощью программного обеспечения SCAD. Представлены результаты расчета нагрузки собственного веса фермы, расчет равномерно распределённой постоянной нагрузки расположенной на всем пролёте, расчет распределительной снеговой нагрузки треугольного очертания. Определены расчетные усилия в элементах фермы методом вырезания узлов, рассчитаны в панелях верхнего пояса продольные силы N и изгибающие моменты M . Произведены подбор и проверка сечения фермы. Работа в первую очередь может быть полезна студентам направления «Строительство».

Ключевые слова: kleеная древесина, линзообразная ферма, строительные конструкции, безраспорные конструкции, распределительная снеговая нагрузка.

Feoktistova L.A.

Fardeev A.R.

Rzaeva T.V.

ANALYSIS OF THE CALCULATION OF THE WOODEN LENS-SHAPED TRUSS USING THE SCAD SOFTWARE

In this paper, the calculation of a lens-shaped truss was considered, in accordance with the set of rules «Glued wooden and solid – wood structures» SNiP II – 25 – 80 (SP 64.13330-2011), using the SCAD software. The results of calculating the load of the own weight of the farm, the calculation of a uniformly distributed constant load located on the entire span, the calculation of the distribution snow load of a triangular shape are presented. The calculated forces in the elements of the truss are determined by the method of cutting nodes, the longitudinal forces N and bending moments M are calculated in the panels of the upper belt. The selection and verification of the truss section were performed. The work can first of all be useful for students of the «Construction» direction.

Keywords: Glued wood, lens-shaped truss, building structures, the structures without bars, distributive snow load.

С каждым годом в нашей стране и во всем мире [1] возрастает рост объемов производства kleеной древесины. Конструкции из kleеной древесины используются для каркасов зданий и сооружений различного функционального назначения. Соответственно, постоянно расширяется ассортимент несущих деревянных конструкций путем совершенствования известных и разработки принципиально новых конструктивных решений. Одной из наиболее эффектив-

ных, в особенности для больших пролетов, в данном случае проектируемое здание с пролетом 24 м, является ферма с изогнутыми поясами, так называемая линзообразная [1,4]. Если сравнивать с другими видами ферм, то линзообразные имеют ряд особенностей и преимуществ, например, они отличаются относительной простотой изготовления и сборки, что снижает трудоемкость и сокращает сроки изготовления, что в свою очередь является экономически выгодным.

Основные особенности расчета эффективности использования ферм линзообразного очертания и конструирования, нашли отражение в новой актуализированной редакции СНиП II – 25 – 80 (СП 64.13330 – 2011) [3].

Исходными данными для данной работы послужило проектируемое здание II уровня ответственности, коэффициент надежности по назначению $\gamma_n = 0,95$, отапливаемое, с температурно-влажностными условиями эксплуатации по группе А1. Район строительства выбран V снеговой с расчётным значением снеговой нагрузки на горизонтальную поверхность земли 3,2 кПа. Шаг несущих конструкций 6 м.

При проектировании и расчетах были учтены сугревые нагрузки, которые должна будет выдержать несущая конструкция. После подбора схемы линзообразной фермы, согласно проектным требованиям, определились с общими размерами фермы:

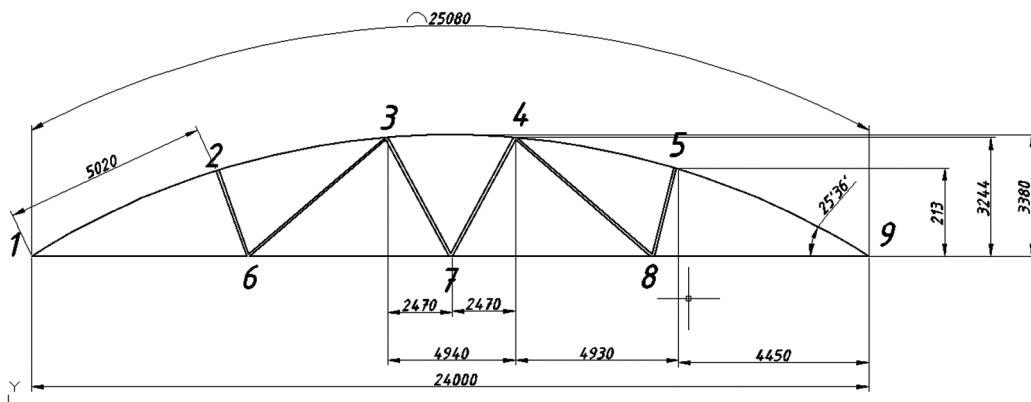


Рис. 1. Геометрическая схема фермы

Выбор именно такой схемы фермы, дает возможность сконструировать значительно меньшие, по сравнению с другими типами решеток, поперечные сечения элементов, что сокращает затраты на изготовление конструкции, а это дает экономический эффект [2].

Статический расчет ферм ведется по общим правилам строительной механики на два вида загружения:

- постоянная и времененная (сугревая) нагрузка по всему пролету;
- постоянная нагрузка по всему пролету и временная (сугревая) на половине пролета;
- равномерно распределенная по всему пролету постоянная и по закону треугольников временная;
- равномерно распределенная по всему пролету постоянная и распределенная по закону треугольника на половине пролета временная;
- расчет усилий методом вырезания узлов.

Избегая демонстрации громоздких расчетов, в работе представлены выводы, на основе анализа, проведенного в программном комплексе SCAD Office 11.5.

Выводы. По результатам проделанной работы можно сделать вывод, что деревянная сегментная линзообразная ферма, может быть выбрана в качестве покрытия для здания с пролетом 24м. И хотя, полученные результаты не превышают нормативных значений расчетной нагрузки, дополнительное усиление опорной площадки узлов опирания ферм, при проектировании зданий и сооружений с большими пролетами или в случаях нагружения снегом, превышающим нормированные значения для V снегового района строительства, следует считать воз-

можным [3]. Использование программы ДЕКОР, входящей в число программ-сателлитов популярного комплекса SCAD Office значительно экономит время и повышает точность расчетов, любых строительных конструкций, и может быть рекомендована студентам.

ЛИТЕРАТУРА

1. С.Б. Турковский, А.А. Погорельцев, И.Л. Экнадосьян. Выбор конструктивной схемы линзобразных ферм из клееной древесины. Строительные материалы. №5, 2003г. 18–18с.
2. Свод правил СП 64.13330 – 2011 (актуализированная редакция СНиП II – 25 – 80) «Деревянные конструкции» – М.: ОАО «ЦПП» 2011.
3. Турковский, С.Б. Рациональные области применения несущих клеенных деревянных конструкций (КДК) «Системы ЦНИИСК» / С.Б. Турковский, А.А. Погорельцев // Сборник научных трудов «Современные строительные конструкции из металла и древесины» – ОГАСА. – Вып. – № 15. – Ч. 2. – Одесса, 2011. – С. 217–225.
4. Свод правил СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия». (актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*) – М.: ОАО «ЦПП» 2011.