

Природо- пользование

ВЫПУСК 29



2016

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ИНСТИТУТ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»

Природо- пользование

Сборник научных трудов

Основан в 1996 г.

Выпуск 29



МИНСК

2016

УДК 504.(476) (082)

В сборнике приведены результаты исследований по проблемам природопользования и охраны окружающей среды, разработки биосферносоставимых технологий переработки и использования твердых горючих ископаемых, растительного сырья и отходов.

Рассчитан на широкий круг научных и инженерно-технических работников, специализирующихся в области рационального природопользования и экологии.

Главный редактор
академик, д-р геол.-мин. наук А. К. Карабанов

РЕДКОЛЛЕГИЯ:

академик, д-р сел.-хоз наук Н. Н. Бамбалов, д-р техн. наук Н. И. Березовский,
д-р техн. наук Г. П. Бровка, д-р геогр. наук А. А. Волчек, канд. геогр. наук О. В. Кадацкая,
д-р техн. наук С. В. Какарека, канд. техн. наук Г. А. Камышенко, д-р геогр. наук Т. И. Кухарчик,
д-р геогр. наук В. Н. Киселев, член-корреспондент, д-р геол.-мин. наук А. В. Кудельский,
академик, д-р геогр. наук В. Ф. Логинов, академик, д-р техн. наук И. И. Лиштван,
канд. техн. наук В. Н. Марцуль, академик, д-р геол.-мин. наук А. В. Матвеев,
д-р техн. наук Э. И. Михневич, д-р техн. наук Г. В. Наумова,
д-р геогр. наук И. И. Пирожник, канд. геол.-мин. наук В. В. Савченко,
канд. геогр. наук М. И. Струк, канд. хим. наук А. Э. Томсон (зам. гл. редактора),
д-р геогр. наук В. С. Хомич (зам. гл. редактора), академик, д-р сел.-хоз наук А. Р. Цыганов

Адрес редакции:
ул. Ф. Скорины, 10, 220114 г. Минск
тел. (017) 267-26-32, факс (017) 267-24-13
E-mail: nature@ecology.basnet.by

СОДЕРЖАНИЕ

I. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Карабанов А. К., Камышенко Г. А.	Развитие фундаментальных исследований в области природопользования на современном этапе.....	5
Матвеев А. В., Автушко М. И.	Радонопродуцирующий потенциал пород кристаллического фундамента территории Беларуси.....	14
Руденко Л. Г., Палиенко В. П., Спица Р. А., Жовинский Э. Я., Крюченко Н. О.	Исследование опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Украине.....	21
Матвеев А. В., Нечипоренко Л. А.	Последствия проявления опасных геологических процессов на территории Беларуси.....	30
Логинов В. Ф., Табальчук Т. Г.	Изменчивость величины трендов температуры на территории Белорусского и Украинского Полесья.....	38
Логинов В. Ф., Хитриков М. А.	Оценка междекадных разностей температуры в центральной части Беларуси за период с 1955 по 2014 год	42
Киселев В. Н., Матюшевская Е. В., Яротов А. Е., Митрахович П. А.	Дендроклиматические исследования для понимания экологических проблем в лесном хозяйстве Беларуси.....	50
Селицкая В. В., Санец Е. В.	Вынос биогенных веществ рекой Березиной (бассейн реки Днепра) и его антропогенная и условно-природная составляющие.....	57
Овчарова Е. П., Санец Е. В., Кадацкая О. В.	Состояние водных объектов урбанизированных территорий (на примере городов Минской области).....	65
Зекцер И. С., Каримова О. А., Черепанский М. М., Томина Н. М., Савич-Шемет О. Г.	Роль подземных вод в формировании водных ресурсов бассейна реки Западной Двины.....	76
Струк М. И., Флерко Т. Г., Кузнецов Д. П.	Эколого-хозяйственная оценка размещения сельских поселений восточной части Припятского Полесья.....	88
Мозговой А. А., Руденко Л. Г.	Конфликты в городском пространстве и их проявления в Украине.....	96
Чернова И.В.	Оценка геоэкологических рисков захоронения твердых коммунальных отходов (на примере Минской области).....	104
Сивенков А. Ю.	Организация базы геоданных космозэкологических индикаторов трансформации геологической среды для мониторинга карьерных горнотехнических систем.....	113
Курзо Б. В., Гайдукевич О. М., Шабунько Е. А.	Условия формирования, осушение и использование торфяных месторождений бассейна реки Ясельды.....	120
Лис Л. С., Кунцевич В. Б., Мультан С. Т., Макаренко Т. И., Кашинская Т. Я., Калилец Л. П., Агейчик И. В.	Схема рационального использования торфяных месторождений и охраны болот Могилевской области на период до 2030 года.....	130
Лис Л. С., Кунцевич В. Б., Макаренко Т. И., Мультан С. Т., Агейчик И. В.	Этапы изучения и оценки торфяного фонда Республики Беларусь.....	138

II. БИОСФЕРНОСОВМЕСТИМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лиштван И. И., Януга Ю. Г., Абрамец А. М., Алейникова В. Н., Якута Е. А.	Гуминовые препараты на основе каустобиолитов и перспективы их применения в медицине и бальнеологии.....	144
Лаевская Е. В., Воробьевая Е. В., Чередниченко Д. В., Воробьев П. Д.	Получение гранулированных продуктов на основе переработанных глиносодержащих отходов калийного производства.....	151
Наумова Г. В., Томсон А. Э., Жмакова Н. А., Макарова Н. Л., Овчинникова Т. Ф.	Исследование торфа и рапсового шрота как сырья для получения биологически активных препаратов.....	158
Алещенкова З. М., Картыжкова Л. Е., Антохина С. П., Томсон А. Э., Соколова Т. В., Навоша Ю. Ю., Пехтерева В. С., Сосновская Н. Е.	Ферментативная переработка отходов птицефабрик в биоудобрение	164
Лицкевич А. Н., Гулькович М. В., Черничко О. А.	Способы стабилизации и детоксикации осадков сточных вод молокоперерабатывающих предприятий	172

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

Лиштван И. И., Лис Л. С., Кашинская Т. Я.	Памяти Александра Петровича Гаврильчика	177
--	---	-----

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Кашинская Т. Я., Журко М. А., Агейчик И. В.	Возможности получения продукции строительного назначения на основе торфяного сырья	179
--	---	-----

I. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 001.891

А. К. Карабанов, Г. А. Камышенко

РАЗВИТИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Представлены основные научные результаты фундаментальных исследований, полученные в 2011–2015 годах в рамках раздела «Природопользование-2» подпрограммы «Природно-ресурсный потенциал», в 2013 г. включенной в состав государственной программы научных исследований «Химические технологии и материалы, природно-ресурсный потенциал». Проанализирована эффективность практического использования, в том числе ожидаемая (прогнозируемая), основных результатов, показаны перспективы дальнейшего развития фундаментальных исследований в области природопользования.

Введение. Фундаментальные исследования в Институте природопользования НАН Беларуси осуществляются в рамках государственных программ научных исследований (ГПНИ) и отдельных проектов. Фундаментальные исследования в области природопользования направлены на получение новых знаний об основных закономерностях развития природы, поиск путей практического применения открытых ранее явлений и процессов, решение конкретных научных задач, имеющих непосредственное приложение в народном хозяйстве. В 2011–2015 гг. такие научно-исследовательские работы выполняли в рамках раздела «Природопользование-2» подпрограммы «Природно-ресурсный потенциал», в 2013 г. включенной в состав ГПНИ «Химические технологии и материалы, природно-ресурсный потенциал».

На начальном этапе пятилетки раздел «Природопользование-2» имел статус подпрограммы в составе ГПНИ «Природно-ресурсный потенциал», разработанной в соответствии с Печернем государственных программ научных исследований на 2011–2015 годы, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 09.06.2010 г. № 886. Исследования осуществляли по приоритетному направлению фундаментальных и прикладных научных исследований «Экология, природные ресурсы, ресурсосбережение, природопользование и защита от чрезвычайных ситуаций» (перечень утвержден постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 г. № 585). Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 01.02.2011 г. № 116 (в редакции от 15.08.2013 г. № 719) ГПНИ «Природно-ресурсный потенциал»

включена в Государственную комплексную целевую научно-техническую программу «Природные ресурсы и экология» на 2011–2015 годы.

Изменение статуса подпрограммы «Природопользование-2» на одноименный раздел произошло в 2013 г. вследствие принятого в Национальной академии наук Беларусь курса на усиление прикладной направленности государственных программ научных исследований и научного обеспечения государственных комплексных целевых научно-технических программ, нацеленных на реализацию приоритетов социально-экономического развития Республики Беларусь. ГПНИ «Природно-ресурсный потенциал» вошла в качестве подпрограммы в состав ГПНИ «Химические технологии и материалы, природно-ресурсный потенциал». Подпрограмма структурно состояла из четырех разделов: «Природопользование-2», «Биоразнообразие, биоресурсы и экотехнологии», «Радиация, экология и техносфера», «Геологические модели».

Раздел «Природопользование-2» – это комплекс тематически объединенных заданий, направленных на углубление фундаментальных знаний о закономерностях функционирования природно-хозяйственных геосистем в современных условиях, на создание и развитие научной базы для обеспечения более полного вовлечения в хозяйственный оборот природно-ресурсного потенциала страны, производство новых материалов и препаратов на основе органического сырья (торфа, сапропеля, бурых углей, растительного сырья). Функции головных организаций-исполнителей, отвечающих за выполнение раздела, осуществлялись Институтом природопользования НАН Беларуси и Белорусским госу-

дарственным университетом. В рамках раздела выполнено 16 трехлетних (2011–2013 гг.) и 16 двухлетних (2014–2015 гг.) научных заданий. В их реализации участвовало 14 государственных учреждений: 5 – из Национальной академии наук Беларусь и 9 – из Министерства образования Республики Беларусь.

Итоговый анализ выполнения раздела «Природопользование-2». В результате выполнения фундаментальных исследований в 2011–2015 гг. получены новые знания о закономерностях развития природы (59), выявлены новые зависимости (85), разработаны методы и методики исследований (80), созданы новые макеты приборов, устройств, систем, комплексов, препаратов (111), экспериментальные образцы (69), лабораторные технологии (19), постоянно осуществлялся поиск возможностей и способов их эффективного использования в народном хозяйстве страны.

Исполнители заданий раздела «Природопользование-2» активно публиковали результаты научных исследований: в 2011–2015 гг. издано 157 книг, в том числе 42 монографии (из них 13 – за рубежом), 57 учебников и учебных пособий, 34 сборника научных трудов, 24 справочных издания; 1467 статей и научных докладов (из них 349 – в зарубежных изданиях). Научная новизна результатов научных исследований подтверждена 28 патентами Республики Беларусь. По результатам фундаментальных исследований успешно защищено 8 кандидатских диссертаций и 31 магистерская диссертация. Ведущими учеными подготовлено 16 научно-аналитических докладов по вопросам развития народного хозяйства Республики Беларусь. Выявленные особенности трансформации природных комплексов в условиях разномасштабного техногенного воздействия, пространственно-временных изменений климата и опасных метеорологических явлений послужили основой для разработки для органов государственного управления 150 заключений и рекомендаций по оптимизации природопользования и улучшению экологической ситуации в стране.

В результате выполнения фундаментальных исследований в области природопользования получены значимые для науки и практики результаты.

В области исследования трансграничного загрязнения выполнена оценка вклада трансграничных потоков в загрязнение воздушного бассейна территории Беларусь от соседних стран и потоков из Беларусь в загрязнение территорий пограничных стран для основных загрязняющих веществ. Разработан алгоритм ассимиляции данных зондирования атмосферы в глобальную трехмерную модель переноса атмосферных примесей с учетом химических превращений

GEOS-Chem, перспективный для прогнозирования крупномасштабного переноса загрязнений в атмосфере на основе модели переноса, метеорологических данных и оперативных данных дистанционного зондирования [3].

Выявлены закономерности в поведении приземного озона – загрязняющего вещества первого класса опасности, что создало предпосылки для более глубокого представления о процессах, происходящих в атмосфере городов с участием основных газообразных загрязнителей, влияющих на здоровье и качество жизни людей. Разработаны методика и программа расчета климатических норм максимальных и экстремальных концентраций приземного озона [1]. Климатические нормы данных параметров предназначены для прогнозирования опасных ситуаций, обусловленных высокими концентрациями озона в приземном воздухе, и могут быть вос требованы в практической деятельности ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды».

Выполнена оценка динамики содержания основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе фоновых и урбанизированных территорий Беларусь за 30-летний период [16], что послужит информационной базой для моделирования их миграции в окружающей среде. Результаты перспективны для разработки регламентов техногенных нагрузок на природные экосистемы, мероприятий по минимизации загрязнения окружающей среды.

Установлены закономерности трансформации почв при производстве и использовании лакокрасочной продукции. Разработаны предложения по снижению техногенной нагрузки на почвы в зоне воздействия лакокрасочного производства, использованные при подготовке плана первоочередных природоохранных мероприятий на предприятии по производству лакокрасочных материалов в г. Лиде.

В области управления природопользованием на урбанизированных территориях осуществлены исследования природных и природно-антропогенных геосистем урбанизированных территорий для целей экологической оптимизации городского развития, которые позволили существенно развить теоретико-методологические аспекты исследований устойчивого развития городов.

Разработана методика комплексной геоэкологической оценки городского развития для целей его экологической оптимизации за счет использования стабилизирующего потенциала природных и природно-антропогенных геосистем городов и прилегающих к ним территорий, что способствует обеспечению экологической диагностики городского развития, позволяет выпол-

нить экологическое ранжирование городов, предложить приоритеты оптимизационной деятельности [14, 19].

Предложены методические подходы геоэкологического исследования воздействий городов на водные объекты, почвы, растительность. Их реализация на примере городов Минска, Смолевичей, Жодино, Борисова, Несвижа, Березовки и других позволила сформулировать ряд важных закономерностей развития природно-антропогенных комплексов.

Выполнена оценка ассимиляционного потенциала городских лесов по отношению к диоксиду углерода. Выявлены существенные различия в потенциале поглощения CO₂ в зависимости от возраста, породы и бонитета лесных биогеоценозов, что важно учитывать при разработке генеральных планов городов, их пригородных и зеленых зон.

Построенные карты санитарно-гигиенического, водоохранного и рекреационного значения ландшафтно-рекреационных территорий Минска М 1 : 25 000 использованы УП «Минскградо» при выполнении работ в составе объекта «Генеральный план г. Минска».

Предложен историко-географический подход к типологии городских поселений, с использованием которого обоснована новая типология городов Беларуси. Проведен эколого-геохимический анализ урболандшафтов, позволивший выделить и оценить остроту эколого-геохимических ситуаций в Пинске и Жодино и предложить комплекс геохимических и фитомелиоративных мер для их смягчения и нейтрализации [29]. Методические разработки внедрены в практику проектно-планировочных работ УП «Минскградо».

В области палеогеографии и климатологии в результате комплексного изучения геологического строения четвертичных отложений, рельефа, растительности и палеоклимата впервые создана комплексная модель динамики растительности, палеотемператур и природных зон на территории Беларуси в позднем плейстоцене и голоцене, которая может быть использована для прогноза возможных изменений природно-климатической обстановки на территории Беларуси в будущем как при естественном развитии природного процесса в сторону похолодания, так и в условиях ожидаемого глобального потепления климата. Составлен Атлас изопольных карт по распространению лесообразующих пород на территории Беларуси в муравинское, ранне- и позднепоозерское время и в голоцене (всего 205 изопольных карт). Исследования проблем стратиграфии и палеогеографии способствуют углублению знаний и совершенствованию методов прогнозов развития природных процессов на территории Беларуси, а также корреляции с гло-

бальными климатическими изменениями в истории Земли [6, 7, 15].

Установлена закономерность квазицикличности и противофазного характера изменения зимних и весенних среднесезонных суточных амплитуд температуры; выявлено соответствие «холодных» фаз тихоокеанского многолетнего колебания периодам стационарирования среднегодовой глобальной температуры. Установлены периоды быстрого («скакки») и медленного («паузы») изменения температуры Земного шара, связанные с влиянием плохоучитываемых в климатических моделях аэрозолей естественного и антропогенного происхождения, солнечной активности, автоколебаний в климатической системе. Установленные особенности изменения температуры воздуха позволяют улучшить понимание причин климатических изменений и могут служить предпосылкой для прогнозирования изменения климата [22].

Впервые созданы в Беларуси картосхемы проявления экстремальных климатических факторов в лесных насаждениях и модели связи климат–прирост, которые позволяют планировать лесохозяйственную деятельность с учетом региональных климатических особенностей и минимизировать потери от негативного воздействия климатических факторов.

Выявлен климатический фактор угнетающего воздействия на прирост биомассы растительности. Наблюдающийся в период современного потепления климата рост ночных температур вызывает увеличение затрат продукции фотосинтеза на темновое дыхание растений, что ухудшает условия их произрастания. Проявление данного негативного фактора следует учитывать при прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур и приростов древесной растительности.

Посредством применения математико-статистических методов исследования, в том числе оригинальных программных комплексов, выполнена оценка последствий изменений годно-климатических условий для растениеводства страны, включая изменчивость продуктивности основных возделываемых сельскохозяйственных культур, устойчивость и эффективность аграрного производства [17].

В области гидроэкологии оценено многообразие геохимических типов минеральных вод Беларуси, их природно-ресурсный и бальнеотерапевтический потенциал, установлены геологоструктурные закономерности в их распространении по территории страны [20, 26]. Выявлены закономерности формирования уникальных для Беларуси ультрапресных подземных вод, которые определяются обязательным сочетанием гидрогеологических, геологических и почвенно-геохимических условий. Впервые детально оха-

рактеризован химический состав минеральных вод более чем 100 санаторно-курортных комплексов, их лечебный потенциал. Выявлены новые для Беларуси типы минеральных вод, оценены перспективы их использования. Разработаны научно-обоснованные рекомендации по расширению и обновлению инфраструктуры санаторно-курортных комплексов Беларуси, их минерально-сырьевого и бальнеотерапевтического потенциала.

Выявлены пространственно-временные закономерности формирования ледового режима на реках Беларуси, выраженного в смещении начала ледовых явлений на более поздние сроки и начала весеннего ледохода на более ранние сроки, что привело к уменьшению периода ледостава. Создание надежных методов управления водным режимом с учетом выявленных закономерностей ледовых процессов позволит предотвратить или снизить отрицательные последствия мероприятий хозяйственной деятельности [12, 13, 23].

Разработаны принципиальные схемы технологии восстановления природно-ресурсного потенциала антропогенно нарушенных озерных бассейнов, использование которых позволит предотвратить экологический ущерб, вызванный антропогенным эвтрофированием и загрязнением, техногенным воздействием и изъятием ресурсов, искусственным изменением гидрологических характеристик и др., восстановить их природно-ресурсный потенциал и экологическое состояние, а также повысит эффективность управления ими при принятии управлеченческих решений на различных уровнях, в том числе территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [11].

В целях решения проблем устойчивого социально-экономического развития территории разработаны методика экономической оценки природно-ресурсного потенциала и экосистемных услуг и программный продукт «Автоматизированная система экономической оценки природных ресурсов и экосистемных услуг», предложения по совершенствованию методических подходов к экономической оценке природных богатств, что внесло значительный вклад в совершенствование методологии оценочных работ в экономике природопользования и создало предпосылки для более полной реализации требования согласования экологических целей с целями социально-экономического развития страны [28].

Разработаны Концепция и Стратегия устойчивого развития Беловежского экологического региона, основные положения которых раскрывают стратегическую цель, критерии ее достижения, направления экологизации экономики

региона и механизмы их реализации. Предназначены для системы управления особо охраняемыми природными территориями и Государственным природоохранным учреждением «Национальный парк «Беловежская пуща» Управления делами Президента Республики Беларусь, системы регионального управления [8].

Разработана методология геолого-экономической оценки сапропелевых месторождений, определяющая возможный экономический эффект от использования разведанных запасов. Методология базируется на результатах подсчета запасов и включает в себя совокупный анализ факторов, определяющих экономическую эффективность эксплуатации месторождения и эффективность капитальных вложений в строительство объекта по добыче и переработке, как главных критериев целесообразности освоения месторождений сапропеля [21].

Обосновано содержание и функциональное назначение агроресурсного потенциала как эколого-экономической категории, выражющейся в системной совокупности земельных, агроклиматических, материально-технических и трудовых ресурсов, в процессе взаимодействия которых реализуется их интегральная способность производить адекватные ей виды и объемы сельскохозяйственной продукции и обеспечивать устойчивое развитие регионов. Научно обоснованы мероприятия по эффективному использованию агроресурсного потенциала Беларуси, направленные на повышение качества планирования и рациональной территориальной организации сельскохозяйственного производства, предотвращение ущербов, связанных с проявлением деградации земель и территориальной распределенностью земельных угодий. Полученные результаты использованы при подготовке Стратегии по реализации Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием/деградацией земель и Национального плана действий по предотвращению деградации земель (включая почвы) на 2016–2020 гг., а также они используются при составлении схем землеустройства административных районов республики, осуществляемых Госкомимуществом [2, 5].

Разработана методика установления сезонного радиального прироста хвойных и широколиственных пород профильным методом на возрастной и типологической основе, которая позволяет проводить экспертизы в области природоохранного законодательства, связанные с нанесением ущерба объектам растительного мира [27]. Методика использована при проведении дендрохронологической экспертизы объектов растительного происхождения при выполнении договоров с Государственной инспекцией охраны животного и растительного мира при Президенте

Республики Беларусь и Генеральной прокуратурой Республики Беларусь.

В целях решения проблем реабилитации нарушенных земель разработаны рекомендации по экологической и экономической оценке лесо- и водохозяйственного использования выработанных торфяных месторождений.

Предложены оптимальные направления и способы экологической реабилитации типичных видов нарушенных и деградированных земель в западной части Белорусского Полесья с учетом необходимости рационального использования неопасных видов отходов. Образуясь в огромных количествах, отходы при их размещении в окружающей среде являются источником ее загрязнения, ухудшают санитарно-эпидемиологические и эстетические качества природы. Установлено, что большая часть образующихся в аграрно-промышленном секторе юго-запада Беларуси нетоксичных крупнотоннажных отходов может быть утилизирована и эффективно использована в агроценозах. Минсельхозпродом зарегистрирован неопасный вид отходов сахарного производства – фильтрационный осадок (дефекат) и выдано разрешение для использования дефеката всех сахарных заводов Беларуси в качестве мелиоранта кислых почв. Предложены способы и соответствующие рекомендации использования отходов свеклосахарного производства в целях повышения производительности способности малоплодородных нарушенных и деградированных земель и снижения миграционной подвижности тяжелых металлов [24].

Разработаны новые расчетные схемы переноса минеральных водорастворимых соединений в почвогрунтах и метод определения коэффициентов массообмена и гидродисперсии, позволившие создать компьютерную программу для оценки миграции водорастворимых минеральных соединений и тяжелых металлов в почвах и грунтах, что будет использовано для оценки распространения техногенного загрязнения в зонах активного промышленного производства и освоения минерально-сырьевых ресурсов [10]. Разработки по исследованию теплофизических и структурно-механических свойств природных дисперсных сред востребованы при выполнении международных проектов по охране окружающей среды в зонах техногенного воздействия.

В целях создания новых технологий и препаратов разработаны новые жидкие гуминовые микроэлементные комплексные удобрения, предназначенные для применения в экологически ориентированном землепользовании, что позволяет устранить дефицит микроэлементов в растениях и стимулировать развитие растений, повышая их сопротивляемость неблагоприятным условиям, тем самым улучшая урожайность и качество сельскохозяйственной продукции.

Созданное новое поколение высокоэффективных удобрительно-мелиорирующих материалов, производимых на основе торфа, сапропеля и других каустобиопитов, позволяет существенно снизить энергозатраты на их производство и дозы применения, расширить радиус рентабельной транспортировки, улучшить важнейшие свойства почв сельскохозяйственных угодий и природоохранных территорий, что в совокупности обеспечивает значительный ресурсосберегающий и экологический эффекты [4].

Разработан состав композиционного биоудобрения, полученного в процессе совместной аэробной ферментации в оптимальном режиме торфа, подстилочного помета (отход напольного содержания птицы) и новой биологически активной гуматодержащей добавки на основе рапсового шрота и торфа, создана лабораторная технология получения нового биологически активного препарата. Применение разработанного композиционного удобрения будет способствовать обогащению почвы элементами минерального питания, макро- и микроэлементами, биологически активными веществами гумусовой природы, микроорганизмами, что обеспечит высокую продуктивность сельскохозяйственных культур, экологическую безопасность аграрного производства и восполнение потерь органического вещества в почве.

Разработан метод химической деструкции торфа, обеспечивающий получение продукта, обогащенного соединениями фенольной природы и модифицированными гуминовыми кислотами, что позволило предложить способ получения комплексного препарата на основе продуктов химической переработки торфа и микроэлементов йод и бор («Гумат йод+бор»), обеспечивающий существенное повышение урожайности картофеля и снижение его заболеваемости грибнями болезнями на ранних стадиях вегетации [18].

Разработан способ получения грунта растительного «Рекультивационный» на основе отработанного субстрата от производства шампиньонов и карбидной извести, образующейся при производстве ацетилена газообразного технического.

Предложены подходы по утилизации отходов предприятий рыбо- и молокопереработки, которые могут быть использованы для организации цехов (производственных участков) по переработке органосодержащих отходов и выпуску удобрений и компонентов почвогрунтов, почвоулучшающих добавок, компостов и т. д.

Установлена перспективность использования процесса пиролиза для смесевых топлив путем экспериментальных исследований по термодеструкции горючего сланца и бурого угля класса B1, торфа, углеводородсодержащих отходов. Смесевые композиции на основе горючих слан-

цев и бурых углей в соотношении 4 : 1 позволяют по содержанию керогена получить сырье – аналог промышленно перерабатываемых эстонских сланцев с получением «сланцевого» масла [25].

Разработана концепция дифференцированного выделения из зольных отходов твердых топлив элементов макро- и микросостава путем последовательных операций сернокислотного выщелачивания, выделения алюминия и железа в виде сульфатных коагулянтов и квасцов, осаждения гидроокисей титана и циркония и на конечной стадии – разделения соединений редких металлов с помощью органических сорбентов. Это обеспечит научно обоснованную разработку технологий повышения экономической эффективности освоения минерально-сырьевых ресурсов и минимизации воздействия на окружающую среду Беларусь.

Модифицирована водоэмульсионная смазка для форм при литье цветных металлов и сплавов под давлением, применение которой обеспечивает легкий съем готовых деталей, улучшает санитарно-гигиенические условия труда; организовано промышленное производство смазки на ОДО «Софид и К».

Создан макет роторно-импульсной установки для механохимической обработки торфа и сапропеля в агрессивных средах как основа для разработки опытно-промышленного варианта роторно-импульсного аппарата для выпуска промышленных партий биологически активных препаратов нового поколения из торфа и сапропеля. Использование в производственном процессе разработанной установки позволит повысить экологичность производства за счет снижения загрязнения окружающей среды.

Освоен метод получения аглопорита, кирпича керамического и блоков керамических поризованных пустотелых с использованием местных видов топлива и вторичных энергоресурсов, который позволяет при производстве пористых строительных материалов уменьшить энергозатраты и снизить себестоимость единицы продукции, улучшить показатели rationalности, комплексности, безотходности [9].

В статье приведены только основные результаты фундаментальных исследований в области природопользования, полученные в рамках раздела «Природопользование-2» подпрограммы «Природно-ресурсный потенциал» ГПНИ «Химические технологии и материалы, природно-ресурсный потенциал» в 2011–2015 гг., что не исчерпывает весь перечень достижений в данном направлении.

Использование полученных научных разработок. Заинтересованность в разработке геоэкологических и экотехнологических инновационно-ориентированных подходов экономически эффективного биосферносовместимого ис-

пользования природных ресурсов, а также в создании новых методов и технологий восстановления и реабилитации нарушенных природных экосистем, методов профилактики и коррекции негативных последствий непреднамеренных антропогенных воздействий для населения и экосистем выразили Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, его организации и предприятия, Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Министерство энергетики Республики Беларусь. Создание научно-технической продукции по результатам фундаментальных исследований для отечественных организаций и предприятий осуществлялось в рамках 89 договоров, из них 45 – работы по испытанию продукции и объектов окружающей среды в Системе аккредитации Государственного стандарта Республики Беларусь. Выполнено 28 зарубежных контрактов и грантов, в рамках которых оказаны экспортные услуги в области природопользования и охраны окружающей среды.

Актуальные научные разработки нашли свое развитие в ряде государственных научно-технических программ (ГНТП) и государственных программ (ГП) на 2011–2015 годы: результаты использованы при выполнении 29 проектов в рамках прикладных программ.

Кроме того, по результатам фундаментальных исследований по заданиям раздела сформированы 24 проекта в ГНТП и ГП на 2016–2020 годы, среди которых ГНТП «Природопользование и экологические риски», ГНТП «Промышленные биотехнологии», ГП «Научно-емкие технологии и техника» (подпрограмма «Мониторинг полярных районов»), ГП «Горизонт 2020» и др.

Перспективы развития фундаментальных исследований в области природопользования. Институтом природопользования НАН Беларуси совместно с Белорусским государственным университетом и Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь проведена большая работа по подготовке концепции и проекта государственной программы научных исследований «Природопользование и экология» на 2016–2020 годы в целом и входящей в ее состав подпрограммы 1 «Природные ресурсы и экологическая безопасность», по которым постановлением Президиума НАН Беларуси от 30.11.2015 г. № 55 Институт природопользования определен первой головной организацией-исполнителем. В рамках указанной программы планируется получить новые знания в области экологии и рационального природопользования.

Будут расширены исследования в области климатологии с целью получения оценки влияния урбанизации и мелиорации на климатические ресурсы и климатозависимые отрасли с привлечением более широкого перечня и более полного массива климатических данных, в том числе суточного временного разрешения и косвенных данных о климате.

В области палеогеографии планируется построение схемы палеорельефа территории Брестского Полесья для оптимума муравинского межледникова.

С целью оценки состояния и прогноза изменения окружающей среды будут проведены исследования по разработке научно-методических принципов крупномасштабного картографирования выбросов загрязняющих веществ с учетом их временной изменчивости, выполнен анализ возможностей использования модели переноса и рассеяния загрязняющих веществ для оценки воздействия источников выбросов на атмосферный воздух на локальном уровне. Планируется разработка концептуальной схемы выявления, изучения и оценки состояния потенциально загрязненных территорий промышленного назначения.

Будут проведены исследования окружающей среды в зонах интенсивного техногенного воздействия, в том числе на урбанизированных территориях, с целью выявления закономерностей формирования и оценки экологогеохимического состояния ландшафтов зон влияния промышленных центров на примере ключевых городов. На основе комплексного геоэкологического подхода будут разработаны типовые модели и проекты организации природных каркасов для крупных городов Беларуси с учетом современных и прогнозируемых техногенных нагрузок.

По направлению «Рациональное использование водных ресурсов» планируется реали-

зователь бассейновый подход к изучению пресных подземных вод Беларуси, который позволит выявить закономерности формирования их ресурсов и качества, разработать в дальнейшем научно обоснованные рекомендации по защите подземных вод от загрязнения и истощения.

Планируется изучение экономической и экологической целесообразности выращивания энергетической биомассы на выработанных торфяных месторождениях. Будут разработаны мероприятия по снижению агроэкологических рисков и угроз при производстве продукции растениеводства и побочного лесопользования; разработана концепция управления экологическими рисками в системе устойчивого природопользования.

Получат развитие работы по усовершенствованию математических и численных моделей преобразования структуры и состава природных дисперсных сред под воздействием нестационарных температурных и влажностных полей, гидростатического давления и химических реагентов.

По экотехнологическому блоку исследований планируется разработка новых способов получения эффективных кормовых добавок и наработка лабораторных опытных образцов препаратов; разработка коллоидно-химических основ использования гуминовых веществ каустобиолитов, а также супензий на их основе с целью получения экологобезопасных материалов народнохозяйственного назначения; будут проведены научные исследования по обоснованию методов разукрупнения макромолекул гуминовых кислот для получения микроэлементных удобрений и др.

Выполнение запланированных научно-исследовательских работ будет способствовать повышению эколого-экономической эффективности использования и охраны природных ресурсов.

Литература

1. **Algorithm of self-adjusting sun tracking for solar spectrophotometers** / A. M. Liudchik [et al.] // International journal of remote sensing. – 2013. – Vol. 34, № 1. – P. 374–386.
2. **Costs and Benefits of Policies and Practices Addressing Land Degradation and Drought** / E. Poulsen [et al.]. – Davos, 2013.
3. **Estimated accuracy of three common trajectory statistical methods** / V. P. Kabashnikov [et al.] // Atmospheric Environment 45. – 2011. – P. 5425–5430.
4. **New kinds of sapropel and peat based fertilizers** / L. Agafonova [et al.] // Environment. Technology. Resources : 10th International Scientific Practical Conference / Rezekne Higher Education Institution, Rezekne, Latvia. – Rezekne, 2015. – P. 20–26.
5. **Rural Development and Land Use** / V. Yatsukhno [et al.] ; red.: L. Ryden, I. Karlsson ; The Baltic University Programme. – Uppsala : Uppsala University, 2012.
6. **The Pleistocene stratigraphy of the south-eastern sector of the Scandinavian glaciations (Belarus and Lithuania) : a review** / V. Šeiriene [et al.] // Baltica. – 2015. – Vol. 28(1). – P. 51–60.
7. **Vegetation pattern and sedimentation changes in the context of the Lateglacial climatic events: an approach from SE Belarus** / V. Zernitskaya [et al.] // Quaternary International. – 2015. – Vol. 386. – P. 70–82.

8. **Антипова, Е. А.** Стратегия устойчивого развития Беларуси: экологический аспект / Е. А. Антипова [и др.]. – Минск, 2014.
9. **Березовский, Н. И.** Разработка инновационных технологий / Н. И. Березовский, С. Н. Березовский, Б. В. Лесун. – Минск, 2013.
10. **Бровка, Г. П.** Влияние локализации склонового стока на распространение водорасторимых минеральных соединений / Г. П. Бровка, И. Н. Дорожок // Природопользование. – 2013. – Вып. 24. – Минск, 2013. – С. 111–122.
11. **Власов, Б. П.** Геоэкологическая оценка природно-ресурсного потенциала антропогенно нарушенных озерных бассейнов : метод. рекомендации / Б. П. Власов [и др.]. – Минск, 2015.
12. **Волчек, А. А.** Закономерности формирования водного баланса речных водосборов Беларуси: Формирование водного баланса Беларуси / А. А. Волчек. – Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011.
13. **Волчек, А. А.** Паводочный сток рек Беларуси / А. А. Волчек, Т. А. Шелест. – Saarbrücken : Palmarium Academic Publishing, 2015.
14. **Городская** среда: геоэкологические аспекты / В. С. Хомич [и др.]. – Минск, 2013.
15. **Гречаник, Н. Ф.** Рельеф территории Подлясско-Брестской впадины / Н. Ф. Гречаник, А. В. Матвеев, М. А. Богдасаров ; Брестский гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест, 2013.
16. **Какарека, С. В.** Снижение непреднамеренных выбросов стойких органических загрязнителей: наилучшие доступные технические методы / С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик, О. Ю. Круковская. – Минск, 2014.
17. **Камышенко, Г. А.** Погодные условия Беларуси и урожайность сельскохозяйственных культур / Г. А. Камышенко. – Saarbrücken : LAMBERT Academic Publishing, 2013.
18. **Комплексные** гуматодержащие препараты и исследование их фунгицидных свойств на культуре картофеля / Г. В. Наумова [и др.] // Природопользование. – 2013. – Вып. 23. – Минск, 2013. – С. 193–197.
19. **Кравчук, Л. А.** Структурно-функциональная организация ландшафтно-рекреационного комплекса в городах Беларуси / Л. А. Кравчук. – Минск, 2011.
20. **Кудельский, А. В.** Региональная гидрология и геохимия подземных вод Беларуси / А. В. Кудельский, В. И. Пашкевич. – Минск, 2014.
21. **Курзо, Б. В.** Геохимия сапропелевых отложений, экологические проблемы и экономические показатели при освоении месторождений сапропеля / Б. В. Курзо, О. М. Гайдукевич // Проблемы природопользования: итоги и перспективы : материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 80-летию Ин-та природопользования, г. Минск, 2012. – Минск, 2012. – С. 54–58.
22. **Логинов, В. Ф.** Радиационные факторы и доказательная база современных изменений климата / В. Ф. Логинов. – Минск, 2012.
23. **Логинов, В. Ф.** Весенние половодья на реках Беларуси: пространственно-временные колебания и прогноз / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, А. Н. Волчек. – Минск, 2014.
24. **Особенности** качественного состава многотоннажных отходов сахарного производства в контексте перспектив их оптимального использования / Н. В. Михальчук [и др.] // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания : материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Брест, 23–25 апр. 2014 г. – Брест, 2014. – Ч. 3. – С. 196–206.
25. **Пиролиз** смесевых составов на основе горючего сланца и бурого угля Беларуси и характеристика получаемых продуктов / И. И. Лиштван [и др.] // ХТТ. – 2014. – № 2. – С. 3–7.
26. **Подземные** воды Островецкого региона Беларуси / А. В. Кудельский [и др.]. – Минск, 2012.
27. **Редкие** биотопы Беларуси / А. В. Пугачевский [и др.]. – Минск, 2013.
28. **Теоретико-методологические** основы устойчивого инновационного развития социально ориентированной экономики Республики Беларусь / О. С. Шимова [и др.] ; под общ. ред. В. Н. Шимова, Г. А. Короленка. – Минск, 2012.
29. **Урбландшафты** г. Пинска: классификация, эколого-геохимическая оценка, способы оптимизации / Г. И. Марцинкевич [и др.] // Вестник БГУ. Сер. 2. – 2015. – № 3. – С. 72–77.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 29.03.2016 г.

A. K. Карабанов, Г. А. Камышенко

РАЗВИТИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Представлены основные результаты выполнения в 2011–2015 гг. фундаментальных исследований в рамках раздела «Природопользование-2» подпрограммы «Природно-ресурсный потенциал» ГПНИ «Химические технологии и материалы, природно-ресурсный потенциал», перспективы их дальнейшего практического использования.

В ходе выполнения исследований:

- усовершенствована научно-методическая база оценок, прогнозирования и картографирования состояния окружающей среды и подземной гидросферы;
- разработаны научные основы экономически эффективного экологобезопасного использования природно-ресурсного потенциала территории Беларуси в целом и ее отдельных регионов; модели экологически сбалансированной пространственной организации природопользования различных уровней;
- дана оценка климатической, водной, почвенно-земельной и ландшафтной составляющих природно-ресурсного потенциала, а также охарактеризовано многообразие геохимических типов минеральных вод Беларуси;
- разработана методика комплексной геоэкологической оценки городского развития для целей его экологической оптимизации;
- разработаны научно-методические основы инвентаризации и оценки выбросов загрязняющих веществ в атмосферу с учетом международных требований и соглашений;
- получены значимые результаты в области создания технологических основ производства новых материалов и препаратов для использования в сельском хозяйстве, топливной энергетике, химико-технологическом, природоохранном, бальнеологическом и медицинском направлениях.

A. K. Karabanov, G. A. Kamyshenko

DEVELOPMENT OF FUNDAMENTAL RESEARCH IN AN AREA OF NATURE MANAGEMENT ON A MODERN STAGE

Main results of fundamental research which were done in 2011–2015 in frameworks of section "Nature Management–2" subsection "Natural resource potential" SPSR "Chemical technologies and materials, natural resource potential," prospects of their further practical use are given.

During research fulfill:

- scientific and methodological base of estimates, predicting and mapping of environment and underground hydrosphere are improved;
- scientific bases of economical effective and ecological secure use of natural resource potential of a territory of Belarus in the whole and its separate regions; a model of ecological balanced spatial organization of nature management of different levels are developed;
- an estimation of climate, water, soil-land and landscape components of the natural resource potential is given, as well as a variety of geochemical types of mineral waters in Belarus is characterized.
- a methodic of a complex geoecological estimation of city development for goals of its ecological optimization is developed;
- scientific and methodological bases of inventory and estimation of pollution in atmosphere taking into consideration international demands and agreements are developed;
- significant results in an area of technical bases of new materials production creation and preparations for agricultural use, fuel energetics, chemical and technological, environmental, medical and balneological directions are got.

УДК 551.1+550.42(476)

А. В. Матвеев, М. И. Автушко

РАДОНОПРОДУЦИРУЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОРОД КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Установлено, что наибольшие значения объемной активности радона в породах кристаллического фундамента приурочены к гранитоидам (до 90 700 Бк/м³), эффузивным аналогам кислых пород (до 135 100 Бк/м³) и сильно измененным породам основного состава (до 128 400 Бк/м³), минимальные (менее 20 000 Бк/м³) – к некоторым разновидностям базальтов, габбро, кварцитов и пироксенитов. С использованием рассчитанных значений объемной активности газа для наиболее распространенных комплексов пород построена схема распределения рассматриваемого показателя на площади региона, на которой выделено три типа территорий с концентрациями радона более 78 200 Бк/м³, 50 000–72 900 Бк/м³ и 5700–44 000 Бк/м³. Сделан вывод, что породы с объемной активностью радона более 50 000 Бк/м³ могут рассматриваться в качестве потенциально радиоопасных в зонах разломов и при мощности чехла менее 30–50 м.

Радонометрические исследования достаточно широко проводятся практически во всех развитых странах мира для решения ряда геологических задач (оценки геодинамической активности структур, поиска полезных ископаемых, прогнозирования сейсмических событий и т. д.), оценок экологических обстановок в регионах, выявления причин распространения отдельных заболеваний. При этом одним из важнейших направлений подобных работ является изучение объемной (удельной) активности радона в горных породах и отложениях. Радонометрические исследования геологической направленности получили развитие и в нашей стране: организациями Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (А. В. Гаврилов, Я. Г. Грибик, С. М. Плюснин, А. П. Стадорубова и др.), Национальной академии наук Беларуси (А. К. Карабанов, А. В. Кудельский, А. В. Матвеев и др.), Институте радиологии Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (М. И. Автушко и др.) и ряде вузов страны.

В результате выполненных работ установлено, что объемная активность радона (ОАР) в отложениях и породах формируется за счет их радионопродуцирующего потенциала, а также от поступлений газа из более глубокозалегающих горизонтов [1]. Выяснено, что на глубинную составляющую ОАР в зонах разломов приходится в среднем 55 % (пределы колебаний – 30–80 %), а на остальных территориях – 45 % (10–70 %). Учитывая такую высокую долю «глубинного» радона в его объемной активности в породах и отложениях, в том числе приповерхностных грунтах, естественный интерес представляет оценка радионопродуцирующего потенциала кристаллического фундамента, в породах которого нередко отмечаются высокие концентрации U²³⁸ [5], од-

ним из дочерних продуктов распада которого (в радиоактивном ряду уран–радий) является радон. Результаты исследований радионопродуцирующего потенциала пород кристаллического фундамента приводятся ниже. Эти работы выполнены в рамках задания 1.6.7 ГНТП «Природные ресурсы и окружающая среда, 2011–2015 гг.» и при частичной поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант Х15УК/А–009).

Материалы и методы исследований.

Кристаллический фундамент на территории региона представлен в основном сложным сочетанием изверженных и метаморфических пород, в составе которых выделяются гранитоиды, гнейсы, диориты, габбро, кристаллические сланцы, сиениты, пироксениты, чарнокиты, долериты и др. Охарактеризовать весь комплекс пород, слагающих фундамент, довольно сложно, поэтому авторы уделили основное внимание тем из них, которые непосредственно подстилают чехол и возможный вклад которых в содержание радона в вышележащих отложениях является преобладающим. Распространение этих пород показано на опубликованной «Карце крышталічнага фундамента» [3].

Поверхность кристаллического фундамента залегает на большей части территории на абсолютных отметках –0,1...–5,0 км и ниже. В районе д. Глушкевичи Лельчицкого района породы фундамента образуют выходы на земную поверхность, а в Житковичском районе они нередко перекрыты толщей осадочных отложений мощностью до 20–30 м. На остальной территории толща чехла варьирует в значительных пределах. Так, на площади Белорусской антеклизы этот показатель составляет в основном до 400–500 м, в пределах Брестской впадины колеблется преимущественно в интервале 600–1500 м, в

пределах Полесской седловины – 400–600, в пределах Припятского прогиба – 600–5600, в пределах Оршанской впадины – 700–1700, в пределах Латвийской седловины – 600–900 м.

Отбор проб для анализа проводили в различных кернохранилищах во время полевых работ 2013–2014 гг. Всего отобрано и исследовано 48 образцов, схема их расположения показана на рис. 1.



Рис. 1. Схема отбора проб основных типов пород кристаллического фундамента

Определения концентраций радона в породах фундамента выполняли по методике, описанной ранее [1]. По содержанию гаммаизлучающих дочерних продуктов распада в лабораторных условиях определяли удельную активность газа. Однако с учетом того, что при характеристике содержаний радона в приповерхностных грунтах и в воздухе зданий чаще используют такой показатель, как ОАР, полученные значения пересчитывали с использованием следующих обобщенных величин плотности наиболее распространенных пород, $\text{г}/\text{см}^3$: гранитов – 2,6; диоритов – 2,8; трахириодактов – 2,5; гранодиоритов – 2,8; амфиболитов – 2,9; чарнокитов – 2,0; гнейсов – 2,7; мигматитов – 2,8; сиенитов – 2,7; габбро – 3,0; базальтов – 3,0; долеритов – 3,0; пироксенитов – 3,0; кварцитов – 2,7 [3, 6].

В связи с тем, что на карте кристаллического фундамента показано распространение комплексов разного возраста, генезиса и состава, для оценки усредненных концентраций радона в этих комплексах учитывали только преобладающие типы пород, которые отмечены в легенде к этой карте. При этом использовали следующий подход: при двух преобладающих типах пород их соотношение в суммарном показателе оценивали в 60 и 40 %; при трех – 50, 30 и 20 %;

при четырех – 50, 30, 10 и 10 %. Необходимо также отметить, что не все перечисленные в легенде породы были опробованы и проанализированы. Поэтому для некоторых из них ОАР оценивали по аналогии с близкими по составу изученными образцами.

После выполнения расчетов было проведено сопоставление средних, минимальных и максимальных величин концентраций газа по всем выделенным контурам. Это сопоставление показало, что многие из них близки друг другу. Поэтому авторы посчитали целесообразным с учетом возможных ошибок аналитических работ (до 10 %) провести объединение близких по рассматриваемым параметрам контуров, которые и вынесли на схему распределения объемной активности радона в породах фундамента.

Результаты и их обсуждение. Определенные в лабораторных условиях величины удельной активности радона (табл. 1) свидетельствуют, что наибольшие значения этого показателя характерны для гранитоидов, трахириодактов (28,4–39,5 $\text{Бк}/\text{кг}$, единично до 54,1 $\text{Бк}/\text{кг}$), сильно измененных разностей габброидов (до 42,8 $\text{Бк}/\text{кг}$), минимальные – для невыветрелых габброидов, базальтов, кварцитов, пироксенитов (2,0–3,2 $\text{Бк}/\text{кг}$). Обобщение и пересчет данных, приведенных в табл. 1, позволили установить

величины ОАР для наиболее распространенных типов пород (табл. 2). С учетом полученных результатов большинство гранитоидов, трахириодактов, диориты, измененные разновидности габбро, некоторые типы амфиболитов, сиенитов относятся к потенциально радиоопасным, так как ОАР в них превышает $50\text{ 000 Бк}/\text{м}^3$ [4]. По-

тенциально радиоопасными перечисленные породы считаются в связи с тем, что при значительных глубинах их залегания влияние этих пород на ОАР в почвенном воздухе является весьма проблематичным, по крайней мере вне зон разрывных нарушений.

Таблица 1. Удельная активность радона в наиболее распространенных породах фундамента, $\text{Бк}/\text{кг}$

№ п/п	Образец	Район отбора	Порода	Удельная активность радона
1.	С14	Светлогорский	Гранит	31,2
2.	Пн19	Лунинецкий	Диорит	31,5
3.	Пн29	Лунинецкий	Гранодиорит	17,9
4.	ЮБ1	Жлобинский	Сиенит	19,3
5.	ЮБ1	Жлобинский	Сиенит	26,1
6.	П1	Жлобинский	Трахириодакит	39,5
7.	П1	Жлобинский	Трахириодакит	33,2
8.	П1	Жлобинский	Трахириодакит	54,1
9.	Бб692	Глусский	Габбро	2,0
10.	Бб691/2	Бобруйский	Долерит	2,6
11.	Е467	Наровлянский	Габбро	12,5
12.	Е467	Наровлянский	Габбро	13,8
13.	К2	Гомельский	Биотит-полевошпатовая порода	7,0
14.	Н8	Лоевский	Мигматит-гранит	9,2
15.	В13	Речицкий	Гнейс	10,0
16.	1нр	Корелический	Габброид измененный	42,8
17.	7нр	Корелический	Габбро-норит	3,1
18.	7нр	Корелический	Габброид	8,6
19.	7нр	Корелический	Габброид	3,3
20.	8нр	Корелический	Габброид	27,8
21.	8нр	Корелический	Габбро	10,1
22.	Сц742	Копыльский	Пироксенит	2,4
23.	Сц635	Копыльский	Габбро	12,5
24.	Щ17	Гродненский	Гнейс	10,6
25.	Щ1	Мостовский	Диорит	23,3
26.	У784	Буда-Кошелевский	Сиенит	23,9
27.	У65	Буда-Кошелевский	Базальт	22,3
28.	У805	Буда-Кошелевский	Ультраосновная порода	17,7
29.	У70	Буда-Кошелевский	Сиенит	18,6
30.	Р2	Лоевский	Сиенит	8,9
31.	1с	Брестский	Базальт	2,4
32.	М1	Светлогорский	Сиенит	24,4
33.	67	Копыльский	Амфиболит	8,6
34.	Ст457	Копыльский	Гнейс	21,3
35.	68	Дзержинский	Чарнокит	11,5
36.	70	Кировский	Амфиболит	28,0
37.	74	Лунинецкий	Кварцит	3,2
38.	77	Житковичский	Гранит	34,9
39.	С92	Светлогорский	Гнейс	21,2
40.	Бн-4Пр	Ляховичский	Гнейс	16,4
41.	Ст150	Несвижский	Гнейс	11,4
42.	Д9	Дрогичинский	Гранит	28,4
43.	Д6	Дрогичинский	Кварцит	7,1
44.	Сл47	Слонимский	Кристаллический сланец	12,2
45.	М123	Мостовский	Чарнокит	13,2
46.	М123	Мостовский	Чарнокит	8,0
47.	Л49	Дятловский	Гранито-гнейс	32,6
48.	Л3	Ляховичский	Кварцит	24,6

Таблица 2. Объемная активность радона в наиболее распространенных породах фундамента, Бк/м³

Порода	Количество образцов, шт.	Объемная активность радона	
		средняя	пределы колебаний
Гранит	4	82 600	73 800–90 700
Гранодиорит	1	48 700	
Диорит	2	65 200–68 200	
Трахириодакит	3	105 600	83 000–135 100
Габбро	8	24 300	6000–41 400
Габбро измененный	2	83 400–128 400	
Долерит	1	8400	
Гнейсы	6	40 200	27 000–57 500
Пироксенит	3	27 100	7200–53 100
Сиенит	6	54 500	24 000–70 500
Базальт	3	26 600	5700–66 900
Амфиболит	3	47 400	24 900–81 800
Чарнокит	3	28 900	22 400–34 300
Мигматит	1	25 800	
Кварцит	2	8600–66 400	

Наиболее однородные разности кварцитов, базальтов, габбро и некоторых других пород, ОАР в которых не превышает 20 000 Бк/м³, с учетом условий их залегания являются радионебезопасными, а остальные породы, слагающие фундамент, относятся к категории относительно радиоопасных.

Используя данные табл. 2, рассчитаны усредненные величины ОАР для выделенных на «Карце крышталічнага фундамента» [3] геологических контуров. В этих контурах в соответствии с легендой к карте среди стратифицированной протерозойской толщи преобладают кварцито-видные песчаники; кварцевые риолиты–трахиандезиты–песчаники; риолиты–риодакиты; порфириоды–кристаллические сланцы; плагиогнейсы–трахиандезиты–амфиболиты–кварциты; амфиболиты–кварциты.

Архейские стратифицированные комплексы представлены амфиболитами–гнейсами; кристаллическими сланцами–гнейсами–кальцифирами; гнейсами; кристаллическими сланцами–гнейсами; гранулитами–гнейсами–кристаллическими сланцами.

Из ультратемпературных и интрузивных комплексов наибольшее распространение имеют нижнепротерозойские сиениты–габбро; граниты–сиениты–монцодиориты; граниты–гранодиориты–диориты; граниты–гнейсограниты; граниты–гранитогнейсы; основные породы; архей–протерозойские бластомилониты; архей–нижнепротерозойские гранитоиды; архейские метагаббро–амфиболиты–метадиабазы; граниты–эндербиты–чарнокиты.

Результаты расчетов ОАР для перечисленных комплексов пород приведены в табл. 3, из которой следует, что наибольшие величины

концентраций радона соответствуют площадям распространения нижнепротерозойских гранитов, гранодиоритов и диоритов (78 200 Бк/м³), а также архей–нижнепротерозойских гранитоидов (82 600 Бк/м³) и архейских пород кислого состава (82 600 Бк/м³).

Наименьшие значения ОАР выявлены в верхнепротерозойских песчаниках (37 500 Бк/м³), нижнеархейских амфиболитах, кристаллических сланцах и гнейсах (36 500–38 400 Бк/м³), а также в нижнеархейских габбро, амфиболитах, диабазах (31 700 Бк/м³) и нижнепротерозойских основных породах (25 700 Бк/м³). При нанесении на геологическую карту фундамента рассчитанных значений объемной активности радона, учитывая довольно сложное чередование пород разного возраста и состава, было принято решение объединить близкие по характеристикам контуры в следующие группы: I – более 78 200 Бк/м³, II – 50 000–72 900, III – 5 700–44 000 Бк/м³. По этим значениям и была составлена схема ОАР в наиболее распространенных типах пород фундамента (рис. 2).

Особенности распределения рассматриваемого показателя на территории региона тесно увязываются со структурным районированием фундамента. Так, в Белорусско–Прибалтийской структурной зоне (западная часть Беларуси) максимальные концентрации радона (более 78 200 Бк/м³) приурочены к относительно узким, вытянутым в направлении юго–юго–запад–северо–северо–восток контурам. Примерно такую же конфигурацию имеют и площади распространения пород с ОАР 50 000–72 900 Бк/м³. Суммарно на породы, характеризующиеся значениями ОАР выше 50 000 Бк/м³, приходится около 30 % площади структурной зоны.

Таблица 3. Средняя объемная активность радона в основных комплексах пород, которые выделены на карте кристаллического фундамента, $\text{Бк}/\text{м}^3$

№ п/п	Комплексы пород	Объемная активность радона
1.	Кварцитоподобные песчаники	37 500
2.	Кварцевые риолиты, трахиандезиты, песчаники	67 400
3.	Риолиты, риодакиты, порфироиды, кристаллические сланцы	72 900
4.	Гнейсы, амфиболиты, кварциты	42 000
5.	Амфиболиты, гнейсы	36 500
6.	Кристаллические сланцы, гнейсы, кальцифиры	38 400
7.	Гнейсы	40 200
8.	Кристаллические сланцы, гнейсы	41 500
9.	Гранулиты, гнейсы, кристаллические сланцы	44 000
10.	Сиениты, габбро	42 600
11.	Граниты, сиениты, диориты	72 900
12.	Граниты, гранодиориты, диориты	78 200
13.	Граниты, гнейсограниты	72 300
14.	Граниты, гранитогнейсы	65 300
15.	Основные породы	25 700
16.	Гранитоиды	82 600
17.	Габбро, амфиболиты, диабазы	31 700
18.	Граниты	82 600
19.	Эндербиты	34 300
20.	Миллониты	50 000

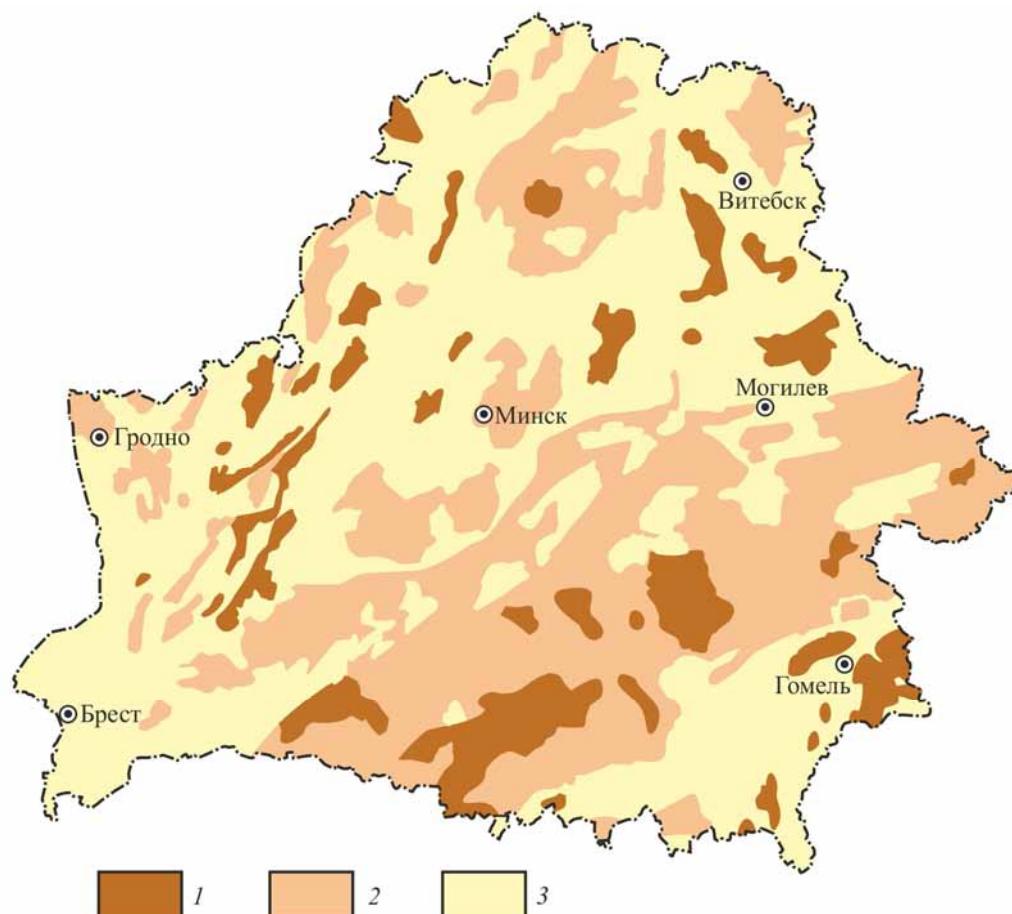


Рис. 2. Схема распределения объемной активности радона в породах кристаллического фундамента.
Преобладающие значения объемной активности радона, $\text{Бк}/\text{м}^3$:
1 – более 78 200; 2 – 50 000–72 900; 3 – 25 700–44 000

В расположенной восточнее Центрально-Белорусской зоне породы с ОАР более 78 200 Бк/м³ встречаются сравнительно редко (не более чем на 2–3 % территории), имеют близкие к изометричным контуры, а на основной площади преобладают примерно в равных долях породы с ОАР 50 000–72 900 и 25 700–44 000 Бк/м³.

В пределах Витебского гранулитового массива (северо-восточная часть страны) площадь контуров с ОАР более 78 200 Бк/м³ возрастает до 15 %, на участки с концентрацией газа 50 000–72 900 Бк/м³ приходится около 25 %, следовательно, наиболее распространенными являются породы с ОАР менее 44 000 Бк/м³.

На выделенном южнее Осницко-Микашевичском вулкано-плутоническом поясе породы с максимальными значениями ОАР (более 78 200 Бк/м³) образуют наиболее крупные для Беларуси контуры, которые в районе Житковичей и между Светлогорском и Бобруйском имеют площади до 2500–3000 км², а суммарно на их долю приходится около 20 % территории. Породы с ОАР менее 44 000 Бк/м³ встречаются только в районе севернее Бобруйска и западнее Костюковичей, основная же площадь рассматриваемой структуры занята породами с ОАР 50 000–72 900 Бк/м³.

В крайней юго-восточной Беларуси, на территории Брагинского гранулитового массива, гранитоиды с ОАР более 78 200 Бк/м³ занимают значительные площади только к востоку от Гомеля. На основной части этой структуры преобладают породы с ОАР менее 44 000 Бк/м³.

С учетом оценок радиоопасности грунтов, согласно работе [4], а также имея ввиду глубины залегания пород фундамента, можно предположить, что площади распространения пород с ОАР более 50 000 Бк/м³ могут рассматриваться в

качестве потенциально радиоопасных только в зонах активных на современном этапе разломов, а на остальной территории – при мощности перекрывающих пород чехла не более 30–50 м. Следует также подчеркнуть, что в целом фундамент Беларуси пока еще изучен недостаточно, так что при более детальных исследованиях составленная схема распределения ОАР кристаллических пород архейско-протерозойского возраста может быть уточнена.

Выводы

1. В породах кристаллического фундамента наибольшая объемная активность радона характерна для гранитоидов (до 90 700 Бк/м³), эф-фузивных аналогов кислых изверженных пород (до 135 100 Бк/м³), сильно измененных габброидов (до 128 400 Бк/м³), а минимальная – для некоторых разновидностей базальтов, габбро, пироксенитов, кварцитов (менее 20 000 Бк/м³).

2. Усредненные значения ОАР для выделенных на геологической карте фундамента комплексов пород варьируют от 25 700 Бк/м³ (нижнепротерозойские основные породы) до 82 600 Бк/м³ (верхнепротерозойские граниты, гранодиориты, диориты; архей-нижнепротерозойские гранитоиды).

3. По особенностям площадного распределения значений ОАР выделено три группы территорий, которые заметно отличаются между собой по следующим преобладающим значениям рассматриваемого показателя: I – более 78 200 Бк/м³, II – 50 000–72 900, III – 5 700–44 000 Бк/м³.

4. Породы кристаллического фундамента с ОАР более 50 000 Бк/м³ могут рассматриваться в качестве потенциально радиоопасных в зонах активных разрывных нарушений или при мощности перекрывающего чехла менее 30–50 м.

Литература

1. Автушко, М. И. Концентрация радона в приповерхностных грунтах на территории Солигорского геодинамического полигона / М. И. Автушко, А. В. Матвеев // Літасфера. – 2010. – № 2 (32). – С. 98–103.
2. Геологический словарь. – М., 1973. – Т. 1 – 486 с. Т. 2.
3. Карта крышталічнага фундамента. М 1:2 000 000 / Н. В. Аксаментава [i інш.] // Нацыянальны атлас Беларусі. – Мінск, 2002. – С. 41.
4. Манаков, Н. А. Реализация федеральной программы «Радон». 1997. Анализ достоверности проведенных измерений. Оценка радиоопасности территории / Н. А. Манаков [и др.] // АНРИ. – 1998. – № 4. – С. 8–18.
5. Миаки, Я. Основы геохимии / Я. Миаки. – Л., 1969.
6. Ярцев, В. И. Геологический словарь / В. И. Ярцев. – Минск, 2010.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 17.02.2016 г.

A. В. Матвеев, М. И. Автюшко

**РАДОНОПРОДУЦИРУЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОРОД
КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ**

Исследование объемной активности радона в породах кристаллического фундамента показало, что наибольшие концентрации газа характерны для гранитоидов (до 90 700 $\text{Бк}/\text{м}^3$), эффициентных аналогов кислых пород (до 135 100 $\text{Бк}/\text{м}^3$) и сильно преобразованных (выветрелых) пород основного состава (до 128 400 $\text{Бк}/\text{м}^3$). Минимальные величины ОАР (до 20 000 $\text{Бк}/\text{м}^3$) выявлены в некоторых разновидностях габбро, базальтов, пироксенитов и кварцитов. С учетом установленных значений ОАР в наиболее распространенных типах пород рассчитаны усредненные величины этого показателя для выделенных на карте кристаллического фундамента геологических контуров. Эти расчеты показали, что максимальные концентрации радона соответствуют площадям распространения нижнепротерозойских гранитов, гранодиоритов и диоритов (до 78 200 $\text{Бк}/\text{м}^3$), архей-нижнепротерозойских гранитоидов (до 82 600 $\text{Бк}/\text{м}^3$) и архейских пород кислого состава (до 82 600 $\text{Бк}/\text{м}^3$). Наименьшие значения ОАР выявлены в верхнепротерозойских песчаниках (37 500 $\text{Бк}/\text{м}^3$), нижнепротерозойских основных породах (25 700 $\text{Бк}/\text{м}^3$), верхнеархейских диабазах, нижнеархейских габбро, амфиболитах (31 700 $\text{Бк}/\text{м}^3$), нижнеархейских амфиболитах, кристаллических сланцах и гнейсах (36 500–38 400 $\text{Бк}/\text{м}^3$).

Учитывая довольно сложное чередование пород разного возраста и состава, было проведено объединение близких по характеристикам контуров в следующие группы: до 78 200 $\text{Бк}/\text{м}^3$, 50 000–72 900 $\text{Бк}/\text{м}^3$ и 5700–44 000 $\text{Бк}/\text{м}^3$. По этим значениям составлена схема ОАР в породах фундамента территории региона. Площади распространения пород с ОАР более 50 000 $\text{Бк}/\text{м}^3$ в зонах разломов, а на остальной территории при мощности чехла менее 30–50 м могут рассматриваться в качестве потенциально радиоопасных.

A. V. Matveev, M. I. Avtyshko

**RADON PRODUCED POTENTIAL OF CRYSTALLINE
BASEMENT ROCKS OF THE TERRITORY OF BELARUS**

A study of radon volume activity in crystalline basement rocks showed that the largest gas concentrations are characterized for granitoids (up to 90 700 Bq / m^3), effusive analogues of acid rocks (up to 135 100 Bq / m^3) and greatly transformed (weathered) rock of basic composition (up to 128 400 Bq / m^3). Minimum RVA values (up to 20 000 Bq / m^3) are identified in some varieties of gabbro, basalt, quartzites and pyroxenite. Taking into account established RVO values in the most common types of rocks, average values of this indicator for the selected map contours of the crystalline basement geology are calculated. These calculations showed, that maximum radon concentrations correspond to areas of spread Proterozoic granite, granodiorite and diorite (up to 78 200 Bq / m^3), Archean-Proterozoic granitoids (up to 82 600 Bq / m^3) and Archean felsic rocks (up to 82 600 Bq / m^3). The lowest RVO values identified in Upper Proterozoic sandstones (37,500 Bq / m^3) Lower Proterozoic basic rocks (25,700 Bq / m^3), Upper Archean diabase, Lower Archean gabbro, amphibolites (31 700 Bq / m^3) Lower Archean amphibolites, schists and gneisses (36 500–38400 Bq / m^3).

Taking into account interleaving of different ages and composition rocks, which is complicated enough, an association of similar characteristics contours was held in following groups: up to 78,200 Bq / m^3 , 50 000–72 900 Bq / m^3 and 5700–44 000 Bq / m^3 . A RVO scheme of basement rocks of the territory of the region is compiled due to these values. Areas of distribution rocks with RVO over 50 000 Bq / m^3 in fault zones and the rest of a cover when a power less than 30–50 m can be considered as a potential radon insecure.

**Л. Г. Руденко¹, В. П. Палиенко¹, Р. А. Спича¹,
Э. Я. Жовинский², Н. О. Крюченко²**

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПАСНОСТЕЙ И РИСКОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В УКРАИНЕ

Обоснованы концептуальные подходы и комплексы методов исследования природных, природно-антропогенных и антропогенных опасностей и рисков на территории Украины, направления комплексного мониторинга опасных объектов и явлений. Представлен опыт создания специализированных электронных атласов на основе использования интегральной геоинформационной базы данных, характеризующей объекты природного, техногенного и социального характера по степени их опасности для жизнедеятельности человека.

Среди актуальных вопросов в процессе исследования опасностей и рисков возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) одним из приоритетных является обоснование системного подхода к изучению условий, источников, факторов возникновения опасных процессов в природной и антропогенно трансформированной среде, что приводит к дестабилизации, деструкции, загрязнению природных и природно-антропогенных геосистем, обуславливает негативные последствия в среде жизнедеятельности населения [1, 2, 5, 7, 11, 20].

Научные исследования по проблемам опасностей возникновения ЧС приобрели особую актуальность в течение последних 20–30 лет в связи с увеличением их количества и повышением внимания к оценке негативных экологических последствий антропогенного прессинга на природную среду. На территории Украины в 2014 г. зафиксировано 143 ЧС, в том числе техногенного характера – 74, природного характера – 59, социального характера – 10. Из них 5 ЧС государственного уровня, 9 – регионального, 59 – местного и 70 – объектного.

По разным оценкам в настоящее время в Украине сосредоточено около 15 тыс. потенциально опасных объектов, ежегодно образуется около 800 млн т отходов, общий объем которых составляет почти 36 млрд т. Среди них около 21 млн т – это отходы I–III классов опасности. Около 2 300 000 м³ пород находится в отвалах горнорудных предприятий, более 2,5 млрд т отходов обогатительных процессов – в хвостохранилищах [12].

Наиболее обоснованным на современном этапе является выделение трех групп опасностей и рисков: природных, антропогенных (техногенных), природно-антропогенных (природно-техногенных), анализ которых посвящено значительное количество публикаций, освещавших теоретико-методические основы и общие подходы к решению данной проблемы на разных уровнях.

Природные и природно-антропогенные опасности обусловлены процессами, происходящими в литосфере, атмосфере, гидросфере, биосфере, техносфере, или их сочетаниями в определенных условиях в пределах конкретных территорий. Так, эндогенные опасные процессы связаны с активизацией сейсмичности, современных вертикальных и горизонтальных тектонических движений в зонах разломов, вулканической деятельности (в том числе активизации деятельности грязевых вулканов) [8, 10, 15–18].

Экзогенные опасные процессы связаны с проявлениями гравитационных процессов (оползни, обвалы, осыпи), карста (просадки, провалы), водной и ветровой эрозии, подтопления, затопления и т. д., проявляющихся в литосфере и геоморфосфере, тесно связанных с развитием опасных процессов в атмосфере (ураганы, резкие перепады температуры воздуха, аномальные изменения количества осадков и др.) и гидросфере (повышение интенсивности абразии морских побережий, активизация глубинной и боковой эрозии в руслах рек, возникновение селей, наводнений, подтопления, затопления и т. п.) [4, 15, 18, 19, 23].

Особого внимания требует выявление геохимических опасностей в среде обитания человека, которые связаны с обеднением биотического (ландшафтного) разнообразия, распространением адвентивных биологических видов, заболеваниями сельскохозяйственных растений, животных и населения [6, 9, 14].

Антропогенные (техногенные) опасности и риски в Украине обусловлены очень высоким уровнем изношенности оборудования, а также влиянием комплекса опасных природных факторов, которые при определенных обстоятельствах могут спровоцировать техногенные катастрофы (наводнения; сейсмичность; активизация разломов, гравитационных и карстовых процессов и т. п.). При оценке безопасности функционирования важных с экологической точки зрения объектов (АЭС, плотины, мосты, инфраструктура

крупных городов, инженерные коммуникации, трубопроводы, магистральные дороги) особое внимание уделяется геодинамическому фактору в связи с тем, что количество техногенных объектов, попадающих в группу геодинамического риска, часто составляет 70–80 %.

Социальные опасности и риски обусловлены объективными и субъективными социально-экономическими, демографическими, социально-психологическими и политическими факторами. Их высокий уровень способствует росту бедности общества, увеличению социального расслоения, усилению экономического кризиса, формируется психология безысходности, безынициативности [3, 20–22].

Выявление и оценивание вероятных источников ЧС является беспрерывным процессом, который обусловлен изменчивостью состояния различных объектов, представляющих угрозу. Он включает: осмысление возможностей опасностей и их учет в начале работ; оценивание и структуризацию возможных объектов – источников ЧС; оценивание рисков отдельных объектов; оценивание интегрального риска локального и регионального характера с учетом выявленных объектов.

Проведение исследований с целью выявления особенностей проявлений опасных процессов в тех или иных условиях и оценки рисков возникновения ЧС связано с необходимостью обоснования концептуальных подходов и рациональных комплексов методов исследований, которые бы обеспечили возможность всестороннего изучения среды, аргументированного выявления факторов формирования опасностей, оценки риска возникновения ЧС, прогнозирования негативных последствий. В совокупности они составляют инструментарий риск-анализа, который позволяет выбрать методы оценки рисков, обосновать сценарии дальнейшего развития опасных процессов и предложения по снижению рисков ЧС и предотвращению негативных последствий, а также направления комплексного мониторинга опасных объектов и явлений.

В процессе проведения таких исследований особое значение приобретают принципы соблюдения принятых нормативов оценки природной среды с целью решения различных задач; превентивности выявления опасных состояний среды, которые могут привести к возникновению ЧС; комплексности при интегральной оценке территории с учетом существующих угроз проявления опасных процессов; целесообразности использования территории с учетом предельно допустимых параметров рисков; предсказуемости (прогнозируемости) негативных событий, в процессе функционирования антропогенных (техногенных) и природно-антропогенных геосистем, угрожающих безопасности населения, а также минимизации рисков возникновения ЧС.

При решении проблем, связанных с необходимостью методического обоснования выяв-

ления конкретных факторов, источников опасностей и рисков ЧС, возникает много вопросов, требующих глубокого и научно обоснованного анализа связей между компонентами природно-антропогенных геосистем, оценки изменений, способных привести к их деструкции, материальным потерям и ухудшению здоровья населения.

Выделяют несколько разновидностей риска: угрожающий безопасности (safety risks), здоровью (health risks), состоянию среды (environmental risks), общественному благосостоянию (public welfare / goodwill risks), финансовой деятельности (financial risks).

По масштабам проявления, прогнозируемой вероятности возникновения негативных последствий различают индивидуальный, социальный, территориальный, коллективный риски. Общий риск представляется как вероятность реализации комбинированного эффекта, обусловленного различными природными и природно-техногенными (возбужденными) воздействиями, которые могут совокупно влиять на определенное инженерное сооружение, территорию и т. д., вызывать возникновение негативных реакций, создающих предпосылки для чрезвычайных (аварийных) ситуаций, реализация которых носит вероятностный характер [3].

Современные концептуальные подходы к выявлению опасностей и рисков возникновения ЧС природного и техногенного характера главным образом ориентированы на предупреждение ЧС, повышение общего уровня безопасности жизнедеятельности человека.

С целью получения положительных результатов в этом контексте чаще всего используются концепции приемлемого и оправданного риска.

Концепция приемлемого риска (концепция управления рисками) направлена на обеспечение рационального планирования мероприятий по безопасности населения с учетом социальных и экономических факторов. Эти меры осуществляются благодаря современным методам регулирования природной и техногенной безопасности на основе риск-анализа.

Концепция оправданного риска ориентирована на восприятие членами общества категории «риска», хотя безопасность (как таковая) не может быть обеспечена на приемлемом уровне, в связи с чем члены общества получают от него социально-экономические компенсации.

В методологии оценивания возможных источников ЧС следует учитывать, что оценка рисков проводится с применением феноменологических, детерминистических, вероятностных методов.

Феноменологические методы ориентированы на определение возможности протекания опасных природных, природно-техногенных процессов с учетом необходимых и достаточных условий, связанных с реализацией тех или иных мероприятий.

Применение детерминистических методов предполагает наличие данных о последовательности развития событий, например, аварий на производстве (от исходного события через последовательность предполагаемых стадий деформаций, разрушений компонентов до конечного состояния системы). При этом проводится анализ, обосновывается прогноз с помощью методов математического моделирования, построения имитационных моделей, сложных расчетов.

Вероятностные методы направлены на анализ случайных, стохастических событий. Вероятности реализации определенных сценариев развития опасных событий оценивают с помощью методов теории вероятностей, математической статистики, теории случайных процессов, надежности и т. д. На основе вероятностного подхода строят статистические, теоретико-вероятностные, эвристические модели, для которых используют различные методики, в том числе с применением системного анализа и интегральных региональных показателей риска.

Для оценки риска ухудшения состояния здоровья населения применяют методы исследования процессов, которые определяют условия существования биоты и состояние живого организма, влияние окружающей среды на здоровье человека. Особое внимание при этом уделяется анализу геодинамических, геохимических, гидрогеохимических, геофизических процессов в ландшафтных комплексах. Конкретные методы позволяют определять риски, вызванные неканцерогенными и канцерогенными химическими веществами, с чем связаны особенности распространения злокачественных заболеваний, обосновывать оценки эпидемиологического риска, зависящего от причинно-следственных связей между свойствами источников рисков (опасностей) и количеством индуцированных заболеваний, осуществлять оценку риска природных катастроф, масштабов экологического риска и т. д.

Показательными являются результаты проведенных в Украине специализированных исследований, направленных на оценку состояния среды жизнеобеспечения, выявление факторов и направлений ее изменения, приводящих к негативным последствиям.

В числе важных факторов, с которыми связано возникновение опасных последствий в геолого-геоморфологической среде при ее антропогенном освоении, следует назвать геолого-геоморфологические, геодинамические, геохимические. С их изучением связано: обоснование рациональной пространственной организации техногенных объектов в условиях повышенного уровня природной и природно-антропогенной опасности; выявление ведущих дестабилизирующих факторов и причинно-следственных связей при изменениях функционирования или деструкции природно-антропогенных геосистем; обоснование критериев оценки устойчивости этих геосистем, периодичности возникновения опасно-

стей и прогнозировании вероятности их повторяемости в пространстве и времени и др.

При оценке последствий совокупного действия различных факторов важное значение приобретает проблема определения устойчивости и уязвимости окружающей среды к внешним и внутренним воздействиям. Особую остроту она приобретает в районах размещения потенциально опасных в экологическом отношении техногенных объектов (АЭС, гидроэнергетические сооружения, нефте- и газопроводы и т. д.) и требует проведения специализированных геолого-геоморфологических исследований, в частности в районах с динамически неустойчивым рельефом, высоким энергетическим геоморфологическим потенциалом, значительной активностью литодинамических потоков, частым проявлением катастрофических экзогенных процессов, максимальными показателями мощности экзогенно активного слоя, доминированием неустойчивых к денудации рельефообразующих пород.

Количественная оценка современной геодинамической опасности осуществляется с привлечением геофизических данных о проявлениях быстрых современных тектонических движений (сейсмичности), а также геодезических данных о скоростях и средних градиентах скоростей медленных современных тектонических движений земной коры [8, 17–19]. Дополнительно привлекают геолого-геоморфологические данные и результаты оценок состояния природной среды, подвергающейся активному антропогенному освоению. Данные, полученные в результате такого комплексного целенаправленного изучения, имеют исключительно важное значение для спряженного анализа и экстраполяций различных количественных показателей, оценки состояний и прогнозирования пространственно-временных трендов развития природно-антропогенных геосистем.

Среди главных задач специализированных геодинамических исследований приоритетными являются проблемно ориентированное изучение эндогенных процессов и пространственно связанных с ними активизаций экзогенных процессов на протяжении неотектонического этапа, особенно на последних его стадиях (в антропогене и на современном этапе), выявление неотектонических и структурно-геоморфологических факторов, критерии, показателей для оценки современного и геодинамического риска, а также разработка конструктивных рекомендаций по предупреждению негативных последствий.

Решение этих задач осуществляется в процессе изучения современной геодинамики и пространственно-временных особенностей неогеодинамики с помощью поэтапного морфоструктурно-неотектонического анализа. Факторологическая база при изучении проблем современного и неогеодинамического риска должна включать данные о строении и развитии рельефа, форми-

ровании позднекайнозойских отложений, распространении экологически значимых, особенно катастрофических экзогенных и эндогенных процессов, размещении активных разломных зон и морфоструктурных узлов.

Важными направлениями исследований в районах расположения объектов повышенного экологического риска являются последовательный, поэтапный морфоструктурно-неогеодинамический анализ с детальным освещением позднеплейстоценовых, голоценовых, исторических и современных событий с целью оценки их роли при комплексной оценке проблем безопасности территории. Особое внимание при этом уделяется неотектоническим и современным активизациям разноранговых площадных и линейных тектонических структур, синергетике эндогенных, экзогенных и антропогенных процессов, оценке дестабилизирующих факторов. С этой целью выполняют исследования на региональном, субрегиональном, локальном уровнях.

Региональный геодинамический анализ в контексте изучения опасностей и рисков осуществляют с целью выявления общих тенденций и закономерностей позднекайнозойской неогеодинамики крупных морфоструктур, которые могут повлиять на ход сейсмических явлений, связанных с удаленными эпицентрами сильных землетрясений.

Субрегиональный геодинамический анализ направлен на выявление пространственной дифференциации неотектонической активности структур, выделение районов с различными режимами неотектонических движений (колебательные, прерывистые, унаследованные и др.), особенно в антропогене, а также структур, в пределах которых вероятно проявление сейсмических явлений от удаленных и местных землетрясений.

Локальный (объектный) геодинамический анализ проводят с целью выявления и детально-го изучения неотектонических деформаций непосредственно в районах расположения объектов, на безопасность функционирования которых могут повлиять неотектонически активные разломы. Такие исследования осуществляют с использованием морфоструктурно-неотектонической геоинформационной системы, обеспечивающей возможность аргументировано выделять зоны неотектонических активизаций с проявлением криповых и импульсных современных тектонических движений земной коры, а также связанные с ними зоны активизации опасных экзогенных геологических процессов [12, 14]. Одной из важных проблем при оценке современной геодинамической опасности является выявление сейсмогенерирующих разломов, разноранговых разломных зон с геолого-геоморфологическими признаками проявления современных контрастных одноправленных вертикальных и горизонтальных движений земной коры, а также знакопеременных (колебательных) неотектонических движе-

ний; морфоструктурно-неотектонических узлов с проявлениями импульсных современных тектонических движений, в пределах которых наблюдаются сейсмические деформации, а также сложная пространственная дифференциация и аномальная активность позднеоплайстоценоголоценовых и современных медленных движений земной коры и т. д.

При оценке условий безопасного функционирования техногенных объектов повышенной уязвимости (например, атомной электростанции) актуальным является определение предельных критериальных параметров неотектонической и современной активности площадных и линейных тектонических структур. При ранжировании таких структур по признакам геодинамической опасности используют интегральные экспертные оценки, которые рассчитывают с учетом суммы нелинейных функций отдельных факторов. Привлечение количественных динамических показателей и качественных характеристик геологогеоморфологической среды позволяет обосновывать выделение районов и участков с разной степенью геодинамического риска.

С учетом показателей скоростей и градиентов скоростей современных тектонических движений земной коры и пространственной дифференциации интенсивности современных деструктивных и конструктивных экзогенных процессов на территории Украины представляется возможным выделить районы с определенными сочетаниями опасных геологогеоморфологических процессов, с которыми связывают негативные последствия. Наиболее высокие уровни проявления негативных процессов прослеживаются на территориях с преобладанием деструктивных экзогенных процессов в условиях активных современных поднятий и повышенной сейсмичности. Менее масштабные негативные последствия проявления опасных процессов наблюдаются на территориях, характеризующихся знакопеременными современными тектоническими движениями земной коры.

Очень важным фактором возникновения опасностей и рисков ЧС на территории Украины является антропогенная деятельность, с которой связаны просадки, провалы, активизация оползней, селей, карста, эрозии, абразии, суффозии и других природно-антропогенных процессов. Такие явления наблюдаются, например, в районах добычи соли способом подземного выщелачивания, нефти и газа, подземного строительства, на урбанизированных территориях, в зонах влияния водохранилищ, газо- и нефтепроводов и т. д.

Одним из ведущих направлений изучения опасностей и рисков в Украине является геохимическое. Геохимические исследования, направленные на выявление пространственных закономерностей распределения химических элементов и анализ комплекса физико-химических и других условий их поведения в трофической цепи, позволяют прогнозировать опасные эколого-

геохимические ситуации и своевременно обосновывать меры по защите и реабилитации объектов окружающей среды [6, 13, 14].

К территориям эколого-геохимического риска в Украине относят такие, в пределах которых комплекс природных (зоны тектонической активизации, месторождения полезных ископаемых и другие) и техногенных (загрязнение почв, подземных и поверхностных вод, растительности, воздуха и др.) геохимических процессов, нарушает равновесие природной геосистемы, изменяет геохимический состав объектов окружающей среды и создает опасные условия для проживания населения.

Эколого-геохимическая опасность определяется с учетом геохимического фона, который характеризуется средними модальными значениями геохимического показателя (показателей) и статистически допустимыми интервалами их изменений, которые присущи объектам окружающей среды (природным водам, почвам, растительности и т. д.). Особое значение приобретает выявление геохимических аномалий на территориях, где установлено превышение содержания химического элемента по сравнению с фоновым содержанием в 3 раза и более, а также геохимических барьеров, в пределах которых на незначительном расстоянии происходит резкое изменение условий миграции химических элементов и, как следствие, их концентрация. В соответствии с характером исследуемого вещества при проведении эколого-геохимических работ используют лигохимические, гидрохимические, атмосферические и биогеохимические методы.

Эколого-геохимические исследования базируются на существующих корреляционных связях между источниками загрязнения, миграцией элементов в транспортирующих средах (водные и воздушные потоки) и их накоплением в природных средах (растительности, снежном покрове, поверхностных и донных отложениях).

В соответствии с источниками и путями поступления техногенного загрязнения в окружающую среду можно выделить три главных направления: промышленные, автотранспортные и энергетические (продукты сгорания топлива) выбросы в атмосферу; промышленные, коммунальные и бытовые стоки в водные системы; твердые промышленные, а также бытовые отходы, акумулирующиеся на земной поверхности. Поступления загрязняющих веществ в атмосферу обусловливают формирование площадных техногенных ореолов рассеяния в поверхностных отложениях, растительности и снежном покрове, а поступления их в водные системы способствуют формированию техногенных потоков рассеяния в донных отложениях и поверхностных водах. Акумуляция промышленных и бытовых отходов на земной поверхности обуславливает формирование локальных техногенных ореолов рассеяния, главным образом в поверхностных отложениях и грунтовых водах. Далее природными процессами

миграции вещества-загрязнители распространяются во все элементы окружающей среды.

Природная геохимическая опасность обусловлена некондиционным содержанием химических элементов и их соединений в пределах территории с определенными природными особенностями. Часто с ней связаны различные эндемические заболевания населения: дефицит йода в почве, воде, растениях вызывает заболевания эндемического зоба; избыток соединений фтора в почве, воде, пищевых продуктах – флюороза; нехватка микроэлементов в воде, почве, растениях – урковскую болезнь и др.

Для выяснения механизма образования природных и техногенных ореолов рассеяния загрязнителей, а также для решения многочисленных экологических задач, связанных с охраной окружающей среды, в последние десятилетия возникла реальная потребность наряду с получением качественной информации о количественных параметрах распределения микроэлементов, проводить моделирование сложных процессов миграции микроэлементов.

Для исследования территорий с разной степенью тектонической активности важное значение имеет расчет формы миграции химических элементов. Анализ форм миграции химических элементов в зонах тектонических нарушений и в условно стабильных зонах свидетельствует, что во всех случаях в объектах окружающей среды (природных водах, поровых растворах почв и т. д.) тектонически активной зоны преобладает свободная форма элементов F, Li, Ba, Sr. Это объясняется тем, что в тектонически активной зоне элементы практически не накапливаются на сорбционных барьерах, тогда как в условно стабильной зоне преобладает комплексообразование.

При исследовании форм миграции микроэлементов в природных растворах с использованием имитационных и процессных моделей с взаимосогласованными термодинамическими параметрами комплексных соединений с органическим веществом нами было доказано, что подвижность элементов в почвах, их токсичность, участие в биогеохимических процессах в значительной степени определяется способностью почвы связывать химические элементы в малоподвижные соединения и обеспечивать таким образом низкий уровень концентрации подвижных форм. При поступлении химических веществ в почву в избыточном количестве наибольшую опасность представляет увеличение содержания именно их подвижных соединений, которые могут переходить в смежные с почвой среды (природные воды и растения), создавая реальную угрозу для живых организмов.

С учетом показателей подвижности определенных элементов устанавливается уровень химического загрязнения почв и степень их экологической безопасности. Почвы как первый гео-

химический барьер на пути техногенных загрязняющих веществ являются чрезвычайно чувствительным индикатором опасности и степени антропогенной нагрузки. Изучение характера распределения химических элементов и их форм нахождения в почвах позволяет получить реальную информацию о масштабах загрязнения окружающей среды в целом, а также о составе токсикантов, вкладе каждого из техногенных источников в загрязнение территории, степени опасности существующего загрязнения для жизнедеятельности.

Одной из важнейших задач эколого-геохимических исследований является определение состава загрязнителей и основных путей их поступления в окружающую среду, в том числе в питьевые воды и продукты питания. При этом важно иметь достоверные данные о составе и содержании токсичных веществ, присутствующих в природных водах, почвах, растительности, водной и наземной биоте. Установление закономерностей поступления токсичных веществ в объекты окружающей среды является основой для прогнозирования ее экологического состояния.

В настоящее время ситуацию, сложившуюся с нормированием содержания тяжелых металлов в объектах окружающей среды, можно считать критической, поскольку в результате неудовлетворительного состояния разработки принципов нормирования остались практически необоснованными нормативы, касающиеся, в частности, предельно допустимых концентраций. Особенно это касается элементов, биологическое значение которых недостаточно изучено. К недостаткам нормативной документации относится то, что в ней не учитывают формы нахождения химических элементов, которые определяют их подвижность и миграционную способность, биологическую активность и токсичность, не оценивается взаимодействие одного химического элемента с другими соединениями.

Проведение комплексных геолого-геоморфологических, геодинамических, геохимических исследований дает возможность выявить наиболее экологически опасные природные и антропогенные процессы, в частности связанные с активными на современном этапе зонами разломов и площадными тектоническими структурами, определяющими пространственные особенности распространения деструктивных или трансформационных процессов в среде жизнедеятельности населения, участков транспортировки и аккумуляции загрязняющих веществ, опасных для здоровья человека.

Оценке возможностей источников ЧС в конкретных регионах в мире уделяется существенное внимание. В Европе отработан механизм гражданской защиты населения, в реализации которого принимают участие 28 государств – членов Евросоюза (ЕС), а также Исландия, Норвегия, Сербия, Македония, Черногория и Турция. В 2010 г. началось внедрение в жизнь инициативы Восточного партнерства с упреждением и оцениванием готовности к техногенным и природным катастрофам (PPRD East). В пределах этой региональной инициативы ЕС предоставляет государствам Восточного партнерства (Армении, Азербайджану, Беларуси, Грузии, Республике Македония, Украине) отдельную помощь в укреплении законодательства и гражданской защиты. В частности, для Украины специальной группой ЕС при участии украинских специалистов был создан электронный региональный атлас рисков (ERRA – <http://erra.pprd-east.eu>). В нем в разрезе административных районов Украины на картах мелкого масштаба показаны типы угроз и рисков, касающихся источников природного (обвалы, землетрясения, лесные пожары и др.) и техногенного характера.

В Институте географии НАН Украины согласно специальной Программе совместных работ НАН Украины и Государственной службы по чрезвычайным ситуациям (ГСЧС) на протяжении четырех лет выполнены работы по оцениванию и визуализации объектов – вероятных источников ЧС в Украине.

Основная цель работ – создать интегральную базу, которая характеризует объекты природного, техногенного и социального характера по степени их опасности для жизнедеятельности человека. Информационная база реализована и представлена в виде двух электронных атласов: «Атласа природных, техногенных, социальных опасностей возникновения чрезвычайных ситуаций» (рис. 1), в котором в шести разделах размещены 143 растровые карты, таблицы, тексты, диаграммы, и «Атласа (потенциально) опасных объектов Украины» (рис. 2), позволяющего представлять информацию на национальном, региональном и локальном уровне, вплоть до каждого индивидуального объекта с углублением и детализацией информации.

Данные атласы позволяют систематизировать предпосылки и факторы возможного возникновения ЧС, разрабатывать упредительные меры по их проявлению и определять готовность соответствующих служб к ликвидации опасностей. Атласы переданы ГСЧС Украины для практического использования.



Рис. 1. Интерфейс пользователя (стартовая страница) «Атласа природных, техногенных и социальных опасностей возникновения чрезвычайных ситуаций в Украине»

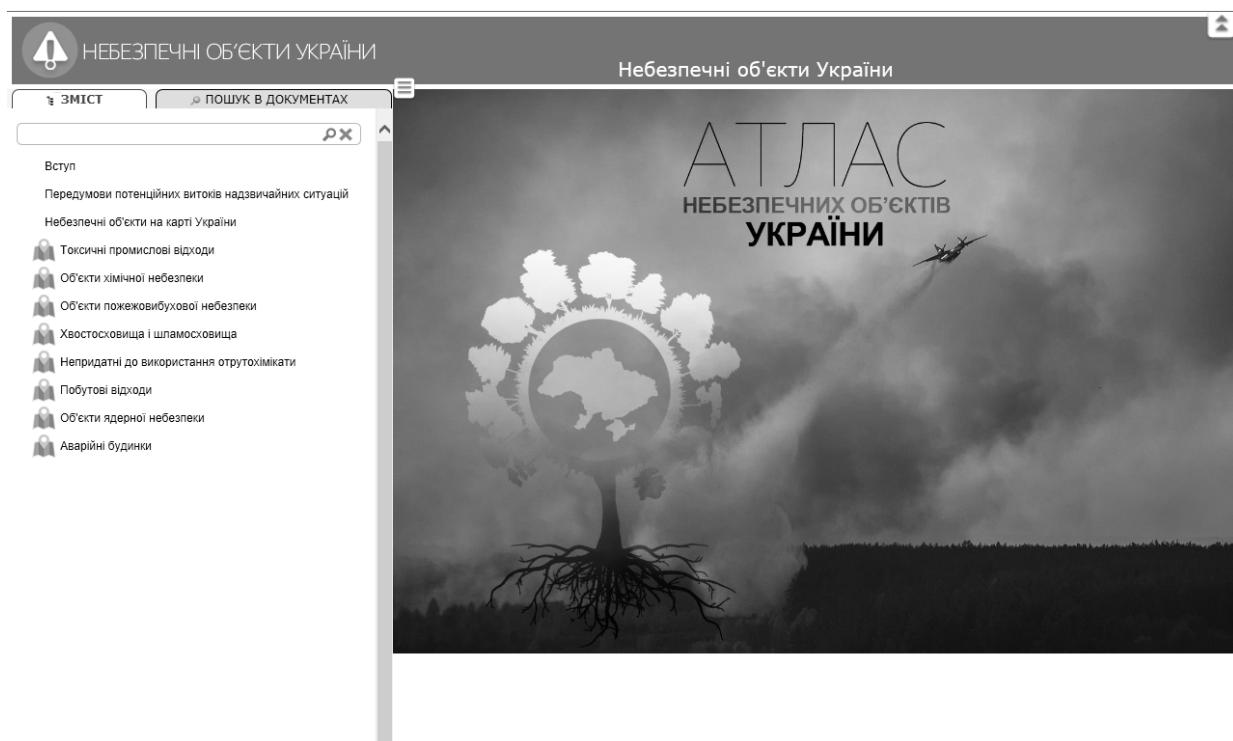


Рис. 2. Интерфейс пользователя (стартовая страница) «Атласа (потенциально) опасных объектов Украины»

Результаты проведенных исследований проблем опасностей и рисков возникновения ЧС позволяют обосновать общую стратегию совместных научных исследований в рамках международного украинско-белорусского проекта. К числу приоритетных направлений и задач относятся:

– выявление особенностей и закономерностей проявления опасных природных и природно-антропогенных процессов на территории Украины и Беларуси и оценка их роли в возникновении ЧС;

– обоснование рациональных методов качественного и количественного оценивания и

картографування природних і природно-антропогенних опасностей і рисков ЧС з учеюм розличних напрямлений антропогенного освоєння території (градостроительство, транспортное, промишленное строительство, сельскохозяйственная деятельность и т. п.);

– обоснованіе принципів типизації опасних природних і природно-антропогенних процесов і ЧС з учеюм особливостей і закономірностей їх проявлення в пространстві і времени;

– обоснованіе районування території України і Білорусь по риску проявлення опасних природних і природно-антропогенних процесов і виникнення ЧС на регіональному, локальному,

об'єктному уровнях прогноза вероятності наступлення негативних екологіческих, економіческих, соціальних последствий і потерів;

– обоснованіе предложений з цілью моніторинга опасних процесов, предупреждения виникнення ЧС і уменьшення (чи ліквідації) негативних последствий.

Робота виконана в рамках совместного международного научного проекта НАН Украины и НАН Беларусь «Системный анализ природных и природно-антропогенных опасностей и рисков на территории Украины и Беларусь», который выполняют Институт географии НАН Украины и Институт природопользования НАН Беларусь.

Література

1. **Антрапогенна** геоморфологія / отв. ред. Э. А. Лихачева, В. П. Палиенко, И. И. Спасская. – М., 2013.
2. **Балога, В. І.** Стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2005 р.: Національна доповідь України / В. І. Балога, П. М. Ігнатенко, Б. Є. Патон. – Київ, 2006.
3. **ГІС-аналіз** можливостей виникнення надзвичайних ситуацій в Україні (Сутність техногенних ризиків в Україні) / Л. Г. Руденко [та інш.] // Просторовий аналіз природних і техногенних ризиків в Україні : зб. наук. праць. – Київ, 2009.
4. **Гойжевський, С.** Екологічна безпека техноприродних геосистем у зв'язку з катастрофічним розвитком геологічних процесів / С. Гойжевський, Г. Рудько, Б. Преснер. – Львів-Київ, 2002.
5. **20 років** Чорнобильської катастрофи: погляд у майбутнє: Національна доповідь України. – Київ, 2006.
6. **Жовинский, Э. Я.** Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины / Э. Я. Жовинский, И. В. Кураева. – Киев, 2002.
7. **Качинський, А.** Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення / А. Качинський. – Київ, 2001.
8. **Кендзера, О. В.** Сеймічна небезпека: сейсмічний захист в Україні / О. В. Кендзера // Укр. геогр. журн. – 2015. – № 3. – С. 9–15.
9. **Клос, В. Г.** Еколо-геохімічна оцінка забруднення ґрунтів міських агломерацій Київської області / В. Г. Клос, Е. Я. Жовинський, Н. О. Крюченко // Science Rige. – 2015. – Vol. 3/1(8). – P. 34–37.
10. **Криворожское** землетрясение 14 января 2011 года как локальное следствие сейсмотектонических и техногенных процессов / А. В. Кендзера [и др.] // Геофизика. – 2012. – №1(12). – С. 114–119.
11. **Лисиченко, Г. В.** Природний, техногенний та екологічний ризики. Аналіз, оцінка, управління / Г. В. Лисиченко, Ю. А. Забулонов, Г. А. Хміль. – Київ, 2008.
12. **Національна** доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 р. // Держ. служба України з надзвичайних ситуацій. – Київ, 2015.
13. **Основные** проблемы радионуклидной безопасности / И. И. Комов [и др.]. – Київ, 2000.
14. **Основные** формы миграции химических элементов в некоторых типах питьевых подземных вод Украины / Э. Я. Жовинский [и др.] // Минералогический журнал. – 2001. – Т. 23, № 2/3. – С. 68–70.
15. **Палієнко, В. П.** Геодинамічні дослідження в контексті комплексної оцінки території з метою вирішення проблем екологічної безпеки / В. П. Палієнко // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2002. – № 4. – С. 3–10.
16. **Палиенко, В. П.** К проблеме неогеодинамического риска / В. П. Палиенко // Новые географические знания и направления исследований. – Київ, 2006. – С. 232–241.
17. **Палієнко, В. П.** Використання показника активності розломних порушень для оцінки неогеодинамічного ризику / В. П. Палієнко, Р. О. Спиця // Просторовий аналіз природних і техногенних ризиків в Україні. – 2009. – С. 32–36.
18. **Палиенко, В. П.** Геоморфологические и геодинамические природные и природно-антропогенные опасности и риски: проблемы выявления и изучения / В. П. Палиенко // Вопросы географии / отв. ред. В. М. Котляков. – М., 2015. – Сб. 140: Современная геоморфология. – С. 307–319.
19. **Палієнко, В. П.** Дослідження умов формування небезпек і ризиків виникнення надзвичайних ситуацій у контексті еколо-геоморфологічної оцінки території / В. П. Палієнко, Р. О. Спиця // Укр. геогр. журн. – 2015. – № 4. – С. 3–9.
20. **Руденко, Л. Г.** Небезпеки і ризики в сучасному розвитку України / Л. Г. Руденко, В. П. Палієнко // Просторовий аналіз природних і техногенних ризиків в Україні : Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 29–30 жовтнч 2009 р. – Київ, 2009. – С. 55–63.
21. **Руденко, Л. Г.** Про критичний екологічний стан компонентів природи в регіонах України / Л. Г. Руденко // Укр. геогр. журн. – 2010. – № 2. – С. 60–68.
22. **Руденко, Л. Г.** Оцінювання й картографування ризиків виникнення надзвичайних ситуацій в Україні – європейський контекст / Л. Г. Руденко, О. Л. Дронова // Укр. геогр. журн. – 2014. – № 1. – С. 53–61.

23. Сучасні інженерно-геологічні умови як складова безпеки життєдіяльності / Л. М. Климчук [та інш.]. – Київ, 2008.
24. Хміль, Г. А. Концептуально-методичний апарат аналізу й оцінки техногенного та природного ризиків / Г. А. Хміль // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2007. – Вип. 5. – С. 47–55.

¹Институт географии НАН Украины,

²Институт геохимии, минералогии и рудообразования
имени Н. П. Семененко НАН Украины

Поступила в редакцию 18.04.2016 г.

**Л. Г. Руденко, В. П. Палиенко, Р. А. Спица,
Э. Я. Жовинский, Н. О. Крюченко**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОПАСНОСТЕЙ И РИСКОВ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В УКРАИНЕ**

В результате комплексного изучения факторов, источников и опасных последствий возникновения чрезвычайных ситуаций в Украине обоснована необходимость выявления природных, антропогенных (техногенных) и природно-антропогенных опасностей и рисков, обусловленных взаимодействием процессов, происходящих в литосфере, атмосфере, гидросфере, биосфере, техносфере, социосфере. Рассмотрены концептуальные подходы к оцениванию приемлемого и оправданного рисков, особенности применения феноменологических, детерминистических, вероятностных методов для выявления причин возникновения, периодичности проявления и типов опасностей (геодинамической, геохимической, социальной) в районах расположения объектов повышенного экологического риска. Обоснованы принципы регионального, субрегионального, локального геодинамического и геохимического анализа. Интегральная база данных о различных опасностях использована для создания электронных «Атласа природных, техногенных, социальных опасностей возникновения чрезвычайных ситуаций» и «Атласа (потенциально) опасных объектов Украины»

Обоснованы приоритетные направления и задачи комплексных исследований в рамках международного украинско-белорусского проекта.

**L. G. Rudenko, V. P. Palienko, R. A. Spitsa,
E. Ya. Zhovynsky, N. O. Kryuchenko**

**THE RESEARCH OF THREATS AND RISKS
OF THE EMERGENCY SITUATIONS IN UKRAINE**

A necessity to reveal a natural, anthropogenic (technogenic) and natural-anthropogenic threats and risks, which are determined by a combination of processes occurred in Lithosphere, Atmosphere, Hydrosphere, Biosphere, Technosphere, Sociosphere is substantiated as a result of a comprehensive investigation of factors, sources and dangerous consequences of emergency situation outbreaks in Ukraine. Conceptual approaches to an acceptable, justified risks evaluation, features of phenomenological, deterministic, probabilistic methods use for revealing of causes for rise, manifestation periodicity and threats types (geodynamical, geochemical, social) in regions, where objects of the higher ecological risks are situated, are examined. Principles of regional, subregional, local geodynamic and geochemical analysis are grounded. Integral data basis for building up of the electronic “Atlas of natural, technogenic, social threats of emergency situations outbreaks” and “Atlas of (potentially) dangerous objects of Ukraine” are used.

Priority lines and tasks of comprehensive investigations are substantiated within the framework of the International Ukrainian-Belorussian Project.

А. В. Матвеев, Л А. Нечипоренко

ПОСЛЕДСТВИЯ ПРОЯВЛЕНИЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Рассмотрены неблагоприятные последствия проявления на территории Беларуси сейсмических и других процессов в геоактивных зонах, экстремальных форм водной и ветровой эрозии, суффозии, карста, обвалов, оползней и техногенного воздействия на покровные отложения. Показано, что эти виды современной геодинамики могут сопровождаться деформациями и разрушениями сооружений, сельскохозяйственных угодий и природных комплексов, снижением урожайности сельскохозяйственных культур, загрязнением почв и водоносных горизонтов, ростом заболеваемости населения и числа различного рода аварий.

Опасные природные и природно-антропогенные процессы неблагоприятно воздействуют на геэкологическую обстановку в регионах, ухудшают состояние хозяйственных объектов и природных комплексов, создают лимитирующие условия для развития некоторых видов хозяйственной деятельности, деформируют и разрушают здания и сооружения. По выполненным расчетам экономические потери от проявления подобных процессов составляют в развитых странах до 3–5 % годового бюджета [16, 17].

Этим объясняется тот факт, что во многих государствах (Германия, Италия, Нидерланды, США, Франция, Япония и др.) проводятся детальные исследования природных (природно-антропогенных) опасностей и рисков. Активно занимаются подобными проблемами на территории наших ближайших соседей – России (В. А. Акимов, К. П. Калтерман, В. И. Осипов и др.) и Украины (Э. Я. Жовинский, Л. Г. Руденко, В. П. Палиенко и др.).

Изучению этой проблемы уделяется определенное внимание и в Беларуси. Работами А. Н. Витченко, А. Н. Галкина, Р. Г. Гарецкого, М. Ю. Калинина, Г. И. Карапаева, А. В. Кудельского, В. В. Лапа, Г. И. Марцинкевич и других специалистов охарактеризованы особенности проявления современной геодинамики, степень возможного инженерно-геологического риска, экологические аспекты безопасного и устойчивого развития страны, направления трансформации почв и ландшафтов и т. д.

Все неблагоприятные и опасные процессы по среде, в которой они формируются и развиваются, подразделяются на три класса: атмосферный, гидросферный и литосферный [6]. Наиболее объемным и сложным (по видам процессов) является литосферный класс, т. е. опасные геологические процессы. В изучении именно этого класса накоплен оригинальный материал украинскими и белорусскими учеными, что послужило предпосылкой для постановки работ в рамках совместного проекта Белорусского ре-

публиканского фонда фундаментальных исследований и Национальной академии наук Украины «Системный анализ природных и природно-антропогенных опасностей и рисков на территории Украины и Беларуси» (№ X15УК/A-009).

Полученные результаты по изучению последствий проявления опасностей литосферного класса рассматриваются в представляющей публикации. Из этого класса на территории Беларуси наибольшее распространение имеют сейсмические процессы, другие геодинамические процессы в геоактивных зонах, экстремальные формы эрозии временных водотоков, суффозии, карста, дефляции (пыльные бури), просадок, обвалов, оползней, наводнений и техногенного воздействия на отложения и рельеф.

Сейсмические процессы. На основной части территории Беларуси возможная балльность сейсмических процессов составляет менее 5 баллов, их проявление обычно не приводит к каким-либо разрушениям и сопровождается незначительными колебаниями зданий, которые могут вызывать определенную тревогу у населения. Однако, хотя и редко, на площади региона возможная сотрясаемость земной поверхности может достигать 6–7 баллов. В этих случаях не исключаются деформации, реже происходят разрушения отдельных построек и появление трещин на земной поверхности. Более конкретные последствия сейсмических процессов рассмотрим на некоторых примерах. По летописным данным, в 1230 г. в результате землетрясения был полностью разрушен Туровский храм [2]. По оценкам современных специалистов сила сейсмических толчков достигала 7–8 баллов. 10 декабря 1887 г. в районе г. Борисова ощущались колебания земной поверхности интенсивностью 6 баллов, которые сопровождались подземным гулом, во многих домах разбились стекла. 28 декабря 1908 г. в районе поселка Гудогай (нынешний Островецкий район) произошло землетрясение силой 7 баллов. Был слышен сильный гул, звенели оконные стекла, дрожала земля, живот-

ные падали на колени, образовался ров около километра. В расположенной рядом с поселком д. Быстрица был также слышен гул, на отдельных участках на земле возникли трещины. 10 мая 1978 г. в районе г. Солигорска зарегистрированы сейсмические толчки силой 4–5 баллов, которые сопровождались ощутимым гулом, дребезжанием стекол, раскачиванием висячих предметов, в шахте калийного комбината произошел обвал кровли штрека. 16 марта 1998 г. в пос. Погост, в 10 км северо-восточнее Солигорска, также зарегистрировано землетрясение силой 4–5 баллов, которое сопровождалось дребезжанием стекол, растрескиванием штукатурки, кое-где оторвалась кафельная плитка [1].

Процессы в геоактивных зонах. К геоактивным зонам приурочены аномалии физических полей Земли, геохимические аномалии, повышенные скорости вертикальных и горизонтальных движений земной коры, эпицентры землетрясений [4–6, 12, 14]. Все это может неблагоприятно влиять на целостность жилых, производственных помещений и геокологическую обстановку. По геоактивным зонам происходит поднятие минерализованных вод, которое не только заметно ухудшает качество питьевых вод, но и может вызвать засоление почв. Например, в ряде населенных пунктов Петриковского, Хойникского, Речицкого районов, в долинах Уборт и Словечны отмечены выходы на земную поверхность вод с минерализацией до 2,0–6,7 г/л [11]. В геоактивных зонах четко прослеживается увеличение в покровных отложениях Pb, B, Ni, Cr, V, Mn, в 2 раза и более возрастает концентрация радона в поровом воздухе покровных отложений. В этих же зонах отмечаются непрерывно протекающие магнитные бури, довольно часто происходят сбои в работе электронных приборов, увеличивается число пожаров, дорожно-транспортных происшествий и других аварий. Выполненные авторами исследования показали, что на территории Беларуси не менее 70 % всех дорожно-транспортных происшествий с тяжелыми последствиями происходит в зонах активных разломов [13].

Анализ обширного материала по авариям на трубопроводах (более 200 аварий) также показал, что они в значительной степени тяготеют к зонам активных разломов [21]. Учитывая, что на территории Беларуси общая протяженность магистральных газо- и нефтепроводов составляет свыше 10 000 км, вероятность проявления аварий на участках геоактивных зон достаточно велика, а при таких авариях происходят не только значительные потери ценных транспортируемых продуктов, но и разрушаются природные комплексы.

В связи с формированием в геоактивных зонах геофизических и геохимических аномалий

на этих территориях, как показал анализ опубликованных статистических данных, у населения увеличиваются: заболеваемость органов дыхания – в 1,5–2,3 раза, крови – в 1,3–1,9, нервной системы – в 1,2–3,0; количество онкологических проявлений – в 1,2–3,0 раза. В геоактивных зонах также возрастают в 1,4–5,0 раз повреждения стволов древесной растительности (сосна, ель, береза, осина и др.) [13].

Плоскостная и линейная эрозия временных водотоков. Наиболее грандиозные объемы эрозионной деятельности выполняются постоянными водотоками, однако речные долины в наименьшей степени могут рассматриваться как зоны проявления природных опасностей литосферного типа в связи со своеобразием освоения этой территории человеком. В то же время экстремальные формы водной эрозии временных водотоков приводят к выносу мелкозема почв, вносимых удобрений, разрушают сельскохозяйственные угодья, лесные насаждения, некоторые постройки, способствуют загрязнению водоемов и водотоков. В целом плоскостная водная эрозия проявляется в центральной и северной Беларуси примерно на 6,5–7,5 % всех сельскохозяйственных земель, в южной – на 2,5–3,0 %. Площадь, на которой активно развивается линейная (овражная) эрозия, составляет около 11 тыс. га [18], причем прирост активных оврагов составляет 3–4 м в год, а в некоторых случаях измеряется многими десятками метров (такие величины отмечались во время полевых работ в 1980-е годы на территории Мозырской возвышенности).

Проявление эрозионных процессов обуславливает значительный недобор урожая, который составляет по зерновым на слабозеродированных почвах 28 %, сильноэродированных почвах 40 %. По пропашным культурам на слабо-, средне- и сильноэродированных почвах эти цифры составляют 20, 40 и 60 %, по льну – 15, 34 и 50 %, по многолетним травам 5, 18 и 30 % соответственно [15]. Потери урожая в финансовом отношении значительно превышают затраты на мероприятие по предотвращению деградации земель [22].

Помимо влияния на урожайность проявление водно-эрэзионных процессов может сопровождаться разрушением лесных и сельскохозяйственных угодий, особенно при развитии овражной эрозии. На бортах оврагов нередко отмечаются осыпи, обвалы, оползни, иногда происходят деформации различных построек.

Достаточно редко на территории региона на площадях распространения лёссовидных отложений формируются временные линейные водные потоки селеподобного типа. Прохождение таких потоков вызывает разрушение сельскохозяйственных земель [19], дорожных покры-

тий. Во время полевых работ в июле 1980 г. на Мозырской возвышенности авторы наблюдали, как бурный поток переносил куски асфальта размером до 0,5–0,6 м и другие обломки. Для ликвидации последствий селеподобного потока в совхозе «Чаусский» Могилевской области пришлось использовать бульдозер [7, 8].

Ветровая эрозия. Экстремальные формы ветровой эрозии (пыльные бури) проявляются практически повсеместно, хотя наиболее заметно и интенсивно – на юге страны. С этим видом процессов связано перемещение огромных масс мелкоземистого материала, который, отлагаясь, заполняет мелиоративную сеть, вызывает заилиение водотоков и водоемов, является одним из факторов деградации минеральных почв, так как при бурях особенно высокой интенсивности перемещаются многие сотни тысяч тонн минеральных и органогенных грунтов [23].

В результате развития этого типа процессов общая площадь дефлированных земель составляет 82,7 тыс. га (1,1 % всех сельскохозяйственных земель). Кроме того, почти 3,5 млн га относится к категории дефляционно-опасных, которые при неправильном использовании могут быть подвержены ветровой эрозии [15].

Ветровая эрозия вносит существенный вклад в деградацию осушенных торфяников. В настоящее время примерно на площади 18 тыс. га торф уже полностью разрушен, и на поверхность выступили малопродуктивные пески [5]. Правда, этому содействовала не только дефляция, но и процессы выветривания.

Следует также отметить, что интенсивные эоловые процессы при определенных условиях могут способствовать формированию обвалов и осыпей на крутых склонах речных долин, так как сильные ветры выдувают песчаный материал со склоновой поверхности, в результате чего образуются своеобразные ниши, а в последствии – обвалы и осыпи.

Карст и суффозия. Проявления карста на земной поверхности представляют определенную опасность в восточной Беларуси, в меньшей степени в юго-западной части страны. Чаще всего морфологическим выражением этого процесса являются небольшие западины диаметром в десятки метров и глубиной обычно до 1,5 м. Реже образуются отрицательные формы рельефа глубиной до 10 м, которые иногда заполнены водой.

Количество карстовых западин может исчисляться десятками на 1 км², что является серьезным препятствием для сельскохозяйственного освоения земель. Кроме того, развитие карста при определенных условиях вызывает деформацию различных сооружений. Например, карстовые процессы в поселке Ленино Горецкого района обусловили неравномерное оседание здания, что сопровождалось образованием в

стенках трещин с шириной раскрытия до 40 мм. 20 февраля 2002 г. в д. Ядреная Слобода Кличевского района из-за проявления карста произошло обрушение 25-метровой водонапорной башни. Отдельные карстовые формы могут стимулировать развитие оврагов.

Суффозионные процессы широко развиты в районах распространения лессовидных отложений в восточной Беларуси, на территории Новогрудской, Минской и Мозырской возвышеностей и в некоторых других районах. Наиболее распространенной формой суффозионного рельефа являются западины диаметром от 30–50 до 100–120 м и глубиной от 0,1–1,5 до 3,0 м. Реже образуются небольшие ложбинообразные понижения длиной 2–3 м и шириной 0,2–0,8 м [10]. В связи с тем, что количество суффозионных форм может достигать 25–40 шт./км² и более (рис. 1), такие территории исключаются из интенсивного сельскохозяйственного использования. Эти формы также представляют опасность для техники и сооружений из-за возможных провалов земной поверхности (суффозионные процессы на первых этапах могут происходить на небольшой глубине). Так, в Могилеве некоторые дома по ул. Любчанского находились в аварийном состоянии из-за проявления суффозии. На участке шоссе Орша–Смоленск суффозионный вынос отложений из-под полотна дороги привел к тому, что при движении большегрузного автомобиля произошел провал полотна, пассажир и водитель получили тяжелые увечья.

Так же, как и карстовые процессы, суффозия способствует формированию оврагов и уничтожению сельскохозяйственных угодий и лесных массивов.

Гравитационные процессы (обвалы, осыпи, оползни). Наиболее интенсивно гравитационные процессы на территории Беларуси проявляются на крутых (более 15°) склонах речных долин, оврагов, холмов, гряд и карьеров. Их проявление сопровождается разрушением построек, сельскохозяйственных и лесных угодий, появлением трещин в грунтах. Одним из самых известных районов развития экстремальных видов гравитационных процессов является участок долины р. Немана в г. Гродно. Здесь во время обвала в 1853 г. была разрушена значительная часть наиболее древней в нашей стране церкви Каложка (Свято-Борисо-Глебская Каложская церковь XII в.). Несмотря на укрепление берега, гравитационные процессы на этом участке продолжаются до сих пор. В Гродно оползневые процессы регистрируются также на Замковой Горе, что сопровождается появлением трещин на стенах реконструируемого Старого замка. Происходят оползни и на склоне возле Нового замка. Во время одного из них едва не погиб человек. После оползня на этом склоне образовался овраг глубиной 5 м.

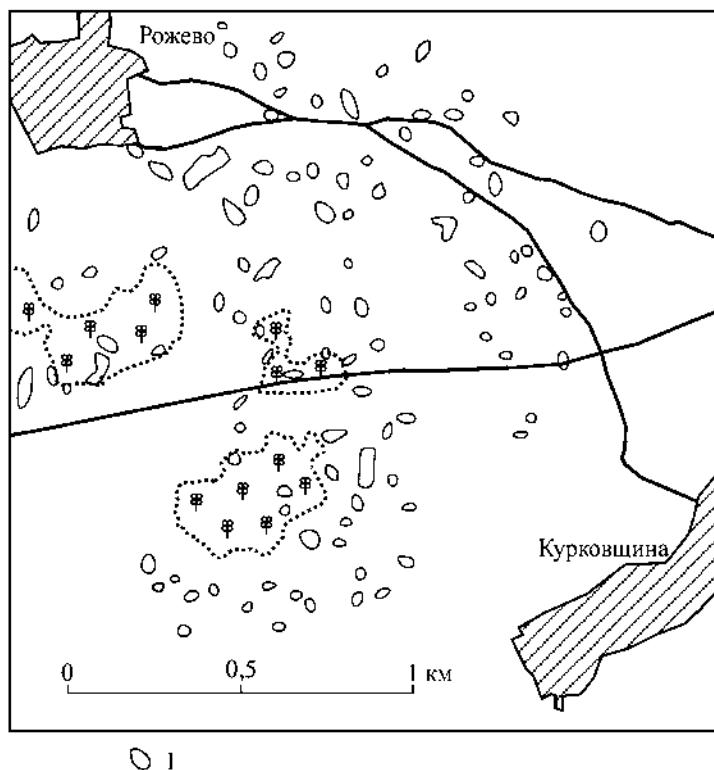


Рис. 1. Участок распространения суффозионных западин (1) между деревнями Рожево и Курковщина Мстиславского района

Активно проявляются гравитационные процессы также в долинах рек: Припяти (в районе г. Петрикова образовалась псевдотерраса шириной 70–80 м), Днепра (на территории санатория Приднепровский Рогачевского района берег за последние 30 лет отступил на 50 м), Западной Двины (оползневые процессы отмечены на участке между г. Дрисса и г. п. Друя; в

г. п. Друя у костела произошел наиболее крупный оползень длиной 80 м и шириной 40 м) и т. д. Характерным примером последствий гравитационных процессов на склонах карьеров могут служить обвалы в карьерах в районе г. п. Заславль (рис. 2). Во время одного из таких обвалов затонули четыре единицы техники.



Рис. 2. Обвал карьера в районе г. п. Заславль (по <http://sputnik.by>)

В 2015 г. произошел оползень на склоне Лысой горы в микрорайоне Курасовщина на ул. Корженевского, 45 (г. Минск), в результате которого была разрушена рельсовая дорога аттракциона тобогган, возникла угроза падения опор электросети (рис. 3).

Определенную опасность представляют также гравитационные процессы на отвалах от-

ходов промышленных производств. Так, 6 ноября 1998 г. на склонах отвала карьера по добыче доломита «Гралево» произошел оползень шириной 15–20 м и длиной 40–45 м, в результате которого был разрушен фундамент строящегося здания, сруб бани, причем оползень остановился в 5–7 м от ближайшей жилой постройки.



Рис. 3. Оползень на склонах Лысой горы в микрорайоне Курасовщина (г. Минск) (по <http://mihck.info>)

Наводнения и подтопление. В связи с тем, что целью исследований является изучение литосферного класса процессов, при рассмотрении опасностей, связанных с наводнением и подтоплением, мы рассматриваем только неблагоприятные последствия воздействия на коренные берега речных долин и частично на состояние грунтов под постройками. Описанные выше гравитационные процессы на склонах речных долин как раз преимущественно и активизируются при наводнениях и паводках. Что касается подтоплений, то их негативное влияние обусловлено возможным разжижением грунтов и их частичным выносом, что может сопровождаться деформациями основания различных сооружений. Например, известно, что при подтоплении ряда сооружений по улицам Ленинской, Вокзальной и Карабанова в г. Могилеве на стенах зданий образовались многочисленные трещины. Такие же процессы отмечались в г. Быхове по ул. Советская. Подтопление вызвало появление трещин и в здании Минского епархиального управления: на автостоянке возле него образовался провал глубиной 2,5 м.

Техногенные процессы. Хозяйственная деятельность человека предопределяет развитие целого ряда процессов, которые негативно воздействуют на среду обитания человека и его

здоровье. Эти последствия проявляются в изменении земной поверхности, разрушении сельскохозяйственных и лесных угодий, разрушении зданий и других построек, развитии просадок, подтоплений, оврагов, загрязнении покровных отложений, поверхностных и подземных вод, колебании их уровней и т. д. [14, 20].

Неблагоприятные проявления техногенеза прежде всего сказываются на рельефе земной поверхности, что нередко приводит к формированию поверхностей, которые получили название «bad land» (дурные земли). Особенно наглядно и активно техногенные процессы развиваются в районах развития горнодобывающей промышленности.

Так, в Солигорском районе в результате добычи минеральных солей на месте природных комплексов образованы новые формы рельефа и получили развитие геологические процессы, ранее не свойственные этой территории. Самыми характерными техногенными сооружениями на земной поверхности являются солеотвалы высотой до 120 м и более, площадью около 10 км², а также ограниченные дамбами высотой до 15 м шламохранилища, расположенные на площади более 8 км². Над горными выработками происходят просадки на площади 120–130 км² в виде мульд глубиной до 3,5–5,0 м. Эти понижения

подвержены повторному заболачиванию. Прорыски вызывают деформацию домов в деревнях Чижевичи, Погост, Зажевичи, Кривичи. Не исключено, что возможно полное отселение некоторых деревень. На отвалах проявляются карстовые и гравитационные процессы.

Серьезные изменения земной поверхности произошли также в районе г. п. Микашевичи Лунинецкого района Брестской области в результате разработки строительного и облицовочного

камня. Образованный здесь карьер имеет площадь около 680 га, глубина его достигает более 130 м (рис. 4). На бортах карьера образованы отвалы высотой до 20 м, в которых содержится около 3,5 млн т вскрытых пород. Добыча строительного сырья привела к понижению уровня грунтовых вод, в результате этого сформировалась обширная депрессионная воронка, исчезли две малые реки, иссушаются почвы, высыхают леса.



Рис. 4. Карьер в районе г. п. Микашевичи Лунинецкого района Брестской области
(по <http://padarozhnik.by>)

Огромные отвалы сформированы также на месте природных комплексов из отходов Гомельского химического завода. Высота этих техногенных форм достигает 60 м, а площадь – около 1 км².

Близкие, хотя может и не столь серьезные изменения рельефа происходят на участках добычи песчано-гравийного материала, глин, мела (Волковысский, Климовичский, Кричевский, Минский и другие районы), доломита (г. п. Руба Витебского района). На подобных территориях образовались карьеры глубиной до 40–50 м (реже – до 60–65 м) и площадью до 20 га. На склонах этих сооружений и рядом расположенных отвалах активно проявляются эрозионные и гравитационные процессы.

Существенные изменения земной поверхности связаны также с многочисленными полигонаами, свалками бытовых и промышленных отхо-

дов вблизи всех более или менее крупных населенных пунктов и промышленных предприятий. Всего известно около 250 таких объектов, на которых скопилось до 1 млрд т отходов. Самые крупные из этих сооружений имеют высоту до 30 м и площадь в десятки гектаров.

Помимо формирования описанных выше «бэдлендов» техногенные процессы сопровождаются существенным загрязнением покровных отложений и гидросфера. Вокруг солеотвалов в Солигорском районе происходит засоление почв, в них помимо хлоридов накапливаются такие элементы I и II классов опасности, как Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Co, Cr [12]. Загрязнение подземных вод проникло до глубины 100–120 м и отмечено в 28 деревнях, в районе городских поселков Старобин и Красная Слобода [3]. Вокруг карьера «Микашевичи» в покровных отложениях, подземных и поверхностных водах накапливаются

сульфаты, Fe, Zn, Ni, Cu, Pb, нефтепродукты. В районах полигонов бытовых и промышленных отходов происходит загрязнение отложений и вод хлоридами, сульфатами, нитратами, Ni, Cu, Zn, Cr, Mo, В, Р и др. [12].

Значительное изменение состава почв зарегистрировано на территориях бывших военных баз, где отмечены высокие концентрации тяжелых металлов (Zn, Pb, Ni, Cu, Cd и др.), а также нефтепродуктов, высокотоксичных органических веществ [12].

Во всех перечисленных случаях концентрация перечисленных опасных элементов и соединений может превышать ПДК, в некоторых случаях очень значительно. Например, на полигоне отходов тракторного завода концентрация Cd выше ПДК в 140 раз. На площади некоторых военных баз количество керосина в покровных отложениях достигает 1570–4870 мг/кг, что теоретически позволяет производить его извлечение в объемах до 2–5 тыс. т [9].

Перечислить все опасные проявления техногенных процессов в одной, даже значительной по объему, работе достаточно сложно, но из приведенного материала со всей очевидностью вытекают основные направления негативного воз-

действия человека на природные комплексы и возникающие при этом неблагоприятные последствия и для природы, и для самого человека.

Выводы

1. Несмотря на то что территория Беларуси расположена в пределах древней платформы и Русской равнины, на этой территории достаточно разнообразно проявляются природные и природно-антропогенные опасности литосферного класса (опасные геологические процессы).

2. К числу наиболее распространенных опасностей этого класса относятся сейсмичность, другие геодинамические процессы в зонах активных разломов, эрозия временных водотоков, суффозия, карст, пыльные бури, гравитационные процессы и техногенное воздействие на рельеф и покровные отложения.

3. Проявление опасных геологических процессов может сопровождаться формированием трещин в земной поверхности, деформациями и разрушением зданий, других сооружений и природных объектов, снижением урожайности сельскохозяйственных культур, вызывать загрязнение почв и водоносных горизонтов, повышать заболеваемость населения, увеличивать число различного рода аварий.

Литература

- 1. Аронова, Т. И.** Особенности проявления сейсмотектонических процессов на территории Беларуси / Т. И. Аронова // Літасфера. – 2006. – № 2 (25). – С. 103–110.
- 2. Вашкевич, А.** История землетрясений в Беларуси. Стихия разрушает храмы [Электронный ресурс] / А. Вашкевич. – Режим доступа : <http://www.nv-online.info/by/158/society/28485>. – Дата доступа : 12.05.2016.
- 3. Гледко, Ю. А.** Использование и степень загрязнения подземных вод Солигорского горнопромышленного района / Ю. А. Гледко // Современные проблемы геологии : универ. науч. чтения, посвящ. 60-летию Старобинского месторождения калийных солей. – Минск, 2009. – С. 20–22.
- 4. Гарецкий, Р. Г.** Тектонофизическая модель геопатогенных зон литосферы Беларуси / Р. Г. Гарецкий, Г. И. Карапаев // Проблемы водных ресурсов, геотермии и геэкологии : материалы Междунар. науч. конф. – Минск, 2005. – Т. 2. – С. 232–234.
- 5. Гарецкий, Р. Г.** О постановке геолого-геофизических исследований в геопатогенных зонах / Р. Г. Гарецкий, Г. И. Карапаев // Літасфера. – 2012. – № 2 (37). – С. 83–94.
- 6. Григорьева, И. Ю.** Общая классификация опасных природных процессов в проблеме природной безопасности / И. Ю. Григорьева, Ю. А. Мамаев // Теоретические проблемы инженерной геологии : тр. науч. конф. – М., 1999. – С. 139–140.
- 7. Жилко, В. В.** Эродированные почвы Белоруссии и их использование / В. В. Жилко. – Минск, 1976.
- 8. Жилко, В. В.** Водная и ветровая эрозия / В. В. Жилко. – Минск, 1986.
- 9. Кацемба, С.** Опыт оценки техногенных запасов керосина на бывших военных базах / С. Кацемба, А. Гречко, В. Усенко // Проблемы водных ресурсов, геотермии и геэкологии : материалы Междунар. науч. конф. – Минск, 2005. – Т. 2. – С. 44–46.
- 10. Корсакова, О. П.** Геоморфологическая роль суффозии в лесовых породах Белоруссии : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / О. П. Корсакова. – М., 1990.
- 11. Кудельский, А. В.** Гидрогеология / А. В. Кудельский // Геология Беларуси. – Минск, 2001. – С. 635–652.
- 12. Матвеев, А. В.** Геохимия четвертичных отложений Беларуси / А. В. Матвеев, В. Е. Бордон. – Минск, 2013.
- 13. Матвеев, А. В.** Влияние геоактивных зон на геэкологическую обстановку / А. В. Матвеев // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі. – 2015. – № 1. – С. 82–91.
- 14. Матвеев, А. В.** Особенности современного морфогенеза на территории Беларуси / А. В. Матвеев // Вопросы географии. – М., 2015. – Сб. 140. – С. 380–385.
- 15. Национальный** доклад о состоянии окружающей среды Республики Беларусь. – Минск, 2006.

16. **Осипов, В. И.** Природные опасности и стратегические риски в мире и в России / В. И. Осипов // Экология и жизнь. – 2009. – № 11–12 (96–97). – С. 6–15.
17. **Осипов, В. И.** Природные опасности и риски на пороге XXI века / В. И. Осипов // Стратегия гражданской защиты: проблемы исследования. – 2012. – Вып. 2, т. 2. – С. 836–846.
18. **Павловский, А. И.** Закономерности проявления эрозионных процессов на территории Беларуси / А. И. Павловский. – Минск, 1994..
19. **Рудова, Г. П.** Направление рельефообразующих процессов в условиях интенсивного сельскохозяйственного освоения земель (на примере Новогрудской возвышенности) / Г. П. Рудова // Вестник БГУ. Сер. 2. – 1981. – № 3. – С. 43–47.
20. **Савчик, С. Ф.** Антропогенный морфогенез на территории Беларуси : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / С. Ф. Савчик. – Минск, 2002.
21. **Святогоров, А. А.** Данные аэрокосмических съемок и материалы геолого-геофизических исследований – основа разработки системы картирования опасных геологических процессов / А. А. Святогоров, В. В. Мельникова // Границы науки–2014 : материалы 3-й Всерос. интернет-конф. – Казань, 2014. – С. 243–245.
22. **Чистик, О. В.** Деградация почв вследствие проявления водно-эрзационных процессов / О. В. Чистик // Региональные проблемы экологии: пути решения : материалы IV Междунар. эколог. симп. – Новополоцк, 2007. – Т. 1. – С. 260–264.
23. **Ярошевич, Л. М.** Факторы проявления и меры борьбы с дефляцией торфяно-болотных почв / Л. М. Ярошевич, В. В. Жилко, Н. Ф. Кислов // Проблемы Полесья. – 1981. – Вып. 7. – С. 112–119.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 06.04.2016 г.

A. V. Matveev, L. A. Nechiporenko

ПОСЛЕДСТВИЯ ПРОЯВЛЕНИЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

К числу наиболее распространенных на территории Беларуси природных и природно-антропогенных опасностей литосферного класса (опасных геологических процессов) относятся сейсмичность, геодинамические процессы в зонах разрывных нарушений, эрозия временных водотоков, суффозия, карст, пыльные бури, обвалы, оползни, наводнения и некоторые виды техногенного воздействия на покровные отложения. Проявление этих процессов может вызывать деформацию, разрушение различных сооружений, сельскохозяйственных угодий и природных комплексов, снижать на 5–60 % урожайность сельскохозяйственных культур, сопровождаться формированием геофизических аномалий, повышенных концентраций в почвах и водоносных горизонтах Pb, Zn, Cd, Ni, Cr, Co, V, Mn, Rn, нефтепродуктов, других элементов и соединений до значений, нередко превышающих ПДК. Проявление экстремальных форм современной геодинамики является также одной из причин повышения заболеваемости населения и увеличения количества разного рода аварий (электронной аппаратуры, газо- и нефтепроводов, дорожно-транспортных происшествий и др.).

A. V. Matveev, L. A. Nechiporenko

DANGEROUS CONSEQUENCES OF GEOLOGICAL PROCESSES MANIFESTATION ON THE TERRITORY OF BELARUS

To the most common on the territory of Belarus natural and natural-anthropogenic hazards of lithospheric class (hazardous geological processes) are seismic, geodynamic processes in zones of faulting, erosion ephemeral streams, suffusion, Karst, dust storms, avalanches, landslides, floods, and some types of man-made exposure to overburden. An appearance of such a processes may cause deformation, destruction of various buildings, agricultural lands and natural systems, reducing crop yields to 5–60 %, accompanied by a formation of geophysical anomalies, elevated concentrations of Pb, Zn, Cd, Ni, Cr, Co, V, Mn, Rn in soils and aquifers, petroleum, and other elements and connects to values which are often higher than ELV. The manifestation of extreme forms of modern geodynamics is also one of the causes of morbidity increase and increasing of the number of different kinds of accidents (electronics, oil and gas pipelines, traffic accidents, etc.).

В. Ф. Логинов, Т. Г. Табальчук

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ ТРЕНДОВ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО И УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ

Проанализированы особенности изменения нормированных линейных трендов среднесуточных температур на территории Белорусского и Украинского Полесья для различных периодов, а также календарные особенности изменения температуры в январе и июне на территории Беларуси для различных временных периодов.

Исследование величины трендов температуры посвящено большое количество работ, однако в основном внимание уделялось трендам для различных месяцев года и для всего года в целом [1, 4, 5].

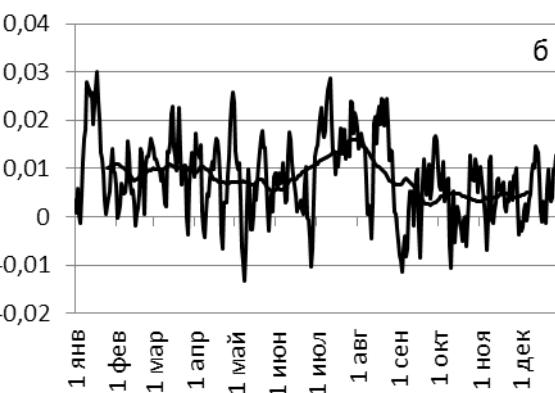
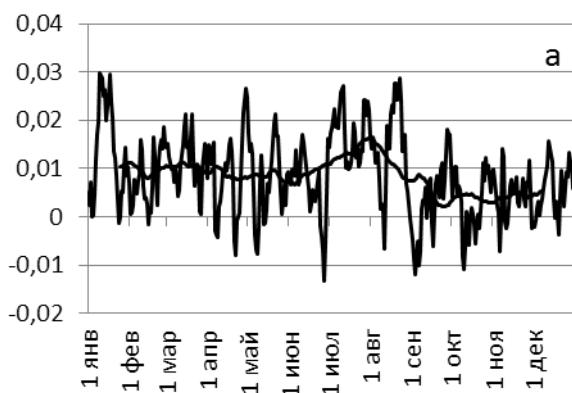
В данном исследовании исходными данными послужили среднесуточные температуры воздуха на пяти метеостанциях севера Украины (Любешив, Овруч, Сарны, Святарь, Чернигов) и четырех метеостанциях юга Беларуси (Брагин, Василевичи, Житковичи, Пружаны) за период с 1961 по 2013 г. Все отобранные метеостанции относятся к малым городам.

Для того чтобы исключить разницу в изменчивости температур в холодный и теплый период, была проведена нормировка трендов среднесуточных температур, которая осуществлялась делением значения суточного тренда на среднеквадратическое отклонение температуры данных суток.

Для уменьшения амплитуды короткопериодных колебаний было проведено сглаживание ряда методом расчета скользящего среднего по 49 точкам.

На рис. 1 изображен график величины линейных трендов ($y = ax + b$) среднесуточных

температур за весь доступный период (1961–2013 гг.). В целом сезонные характеристики трендов температуры севера Украины и юга Беларуси схожи между собой. В более ранних работах [2, 3] мы получили, что для территории Беларуси в период с 1955 по 2012 г. характерен определенный годовой ход изменения линейных трендов, когда наибольший рост нормированных трендов температуры приходится на январь–март, а также осенние месяцы. При использовании ряда за 1961–2013 гг. выявленные ранее особенности хода величины трендов в годовом ходе не обнаружены. Наибольшая величина нормированных трендов температур приходится на июль–август. Рост температур в зимне-весенний период выражен не так ярко, однако велики тренды для середины января. Для отдельных дней равноденственных сезонов весны и осени характерны даже отрицательные тренды температуры. Следует также отметить, что максимальные нормированные тренды температур наблюдаются в периоды зимнего и летнего солнцестояний, т. е. в самый теплый и самый холодный сезоны года.



**Рис. 1. Нормированные линейные тренды среднесуточных температур за период с 1961 по 2013 г.:
а – север Украины; б – юг Беларуси**

На рис. 2 приведены нормированные линейные тренды для каждого дня года по станциям севера Украины и юга Беларуси для периодов до и во время современного потепления климата: 1961–1987 и 1988–2013 гг. соответственно.

В период до современного потепления климата (1961–1987 гг.) ярко выраженные положительные (в январе, марте – начале апреля, мае, октябре, декабре) либо отрицательные (в феврале, апреле, июне–сентябре, ноябре) тренды наблюдаются в отдельные небольшие периоды. В целом же внутригодовая изменчивость величины трендов невелика. В период современного потепления (1988–2013 гг.) в зимне–весенний период тренды температуры отрицательные, в остальные же периоды, за исключением отдельных дней, наблюдается рост нормированных трендов температуры. Это свидетельствует о том, что характер внутригодового распределения величины трендов температуры в текущий период потепления климата стал принципиально другим: нормированные величины трендов температуры оказались максимальными со второй половины весны до глубокой осени. Зимой величины нормированных трендов температуры стали отрицательными, тогда как до потепления климата они были максимальными.

Отдельные мощные, но небольшие по продолжительности, отрицательные аномалии

трендов в этот период приходятся на конец июня и середину октября. В холодное время года (конец ноября – март) величины нормированных трендов температуры остаются для подавляющего большинства дней отрицательными.

Кроме изменений в годовом ходе величины нормированных трендов температуры можно заметить отдельные календарные особенности, сохраняющиеся в каждом из рассмотренных периодов. К таким особенностям можно отнести наличие положительного тренда температуры в конце января и отрицательного – в начале июня.

Для исследования календарных особенностей температуры в годовом ходе были взяты данные среднесуточных температур воздуха на метеостанциях Беларуси за период с 1955 по 2014 г. На основании этих данных были построены графики изменения температуры в январе (рис. 3) и июне (рис. 4).

Из рис. 3 следует, что для всего доступного ряда (1955–2014 гг.) заметны три основные календарные особенности в изменении температуры: снижение температуры от начала месяца до конца второй декады января; самая низкая температура в интервале от 18 до 20 января («крещенские» морозы); рост температуры в третьей декаде января (максимум температуры наблюдается 25–27 января). При этом из

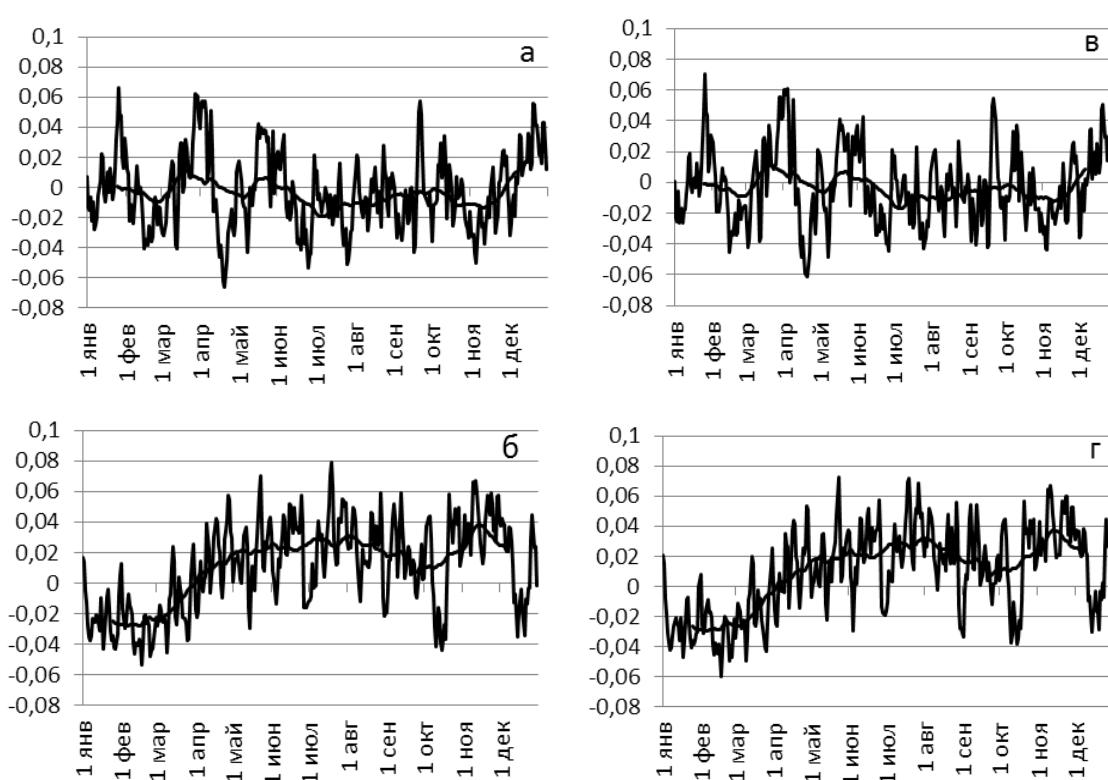


Рис. 2. Нормированные линейные тренды среднесуточных температур для севера Украины (а – 1961–1987 гг.; б – 1988–2013 гг.) и юга Беларуси (в – 1961–1987 гг.; г – 1988–2013 гг.)

всех перечисленных особенностей наиболее устойчивой является положительная температурная флуктуация 25–27 января, которая сохраняется во всех рассмотренных периодах.

В июне (рис. 4) заметна календарная особенность, характерная как для всего периода с 1955 по 2014 г., так и для отдельно взятых 20-летних периодов: во второй декаде июня (16–18 числа) наблюдается понижение температур. Отмечается также двухволновая структура тем-

пературы в июне, когда наблюдается максимум температуры в первой и последней декадах на фоне роста температуры от начала к концу месяца. Более отчетливо выражен правый максимум (7–11 июня). Прогностического смысла указанные календарные особенности не имеют, поскольку вероятность их появления лишь на несколько процентов выше, чем норма для альтернативных случайных событий (около 50 %).

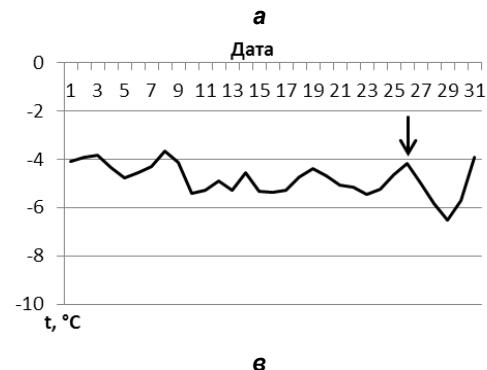
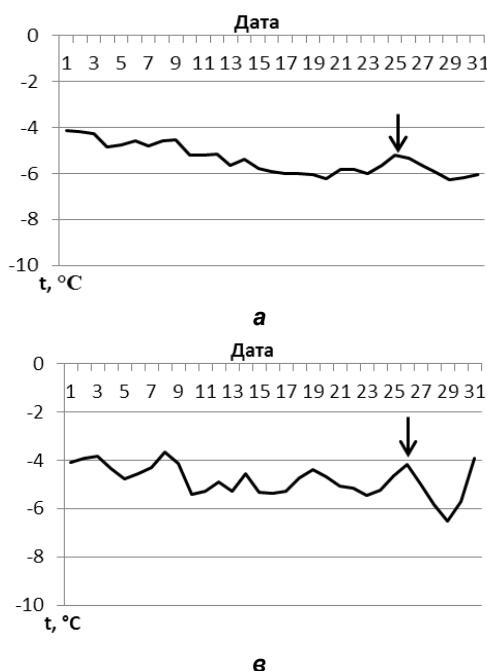


Рис. 3. Среднесуточные температуры января для различных временных периодов на территории Беларусь: а – 1955–2014 гг.; б – 1955–1974 гг.; в – 1975–1994 гг.; г – 1995–2014 гг.

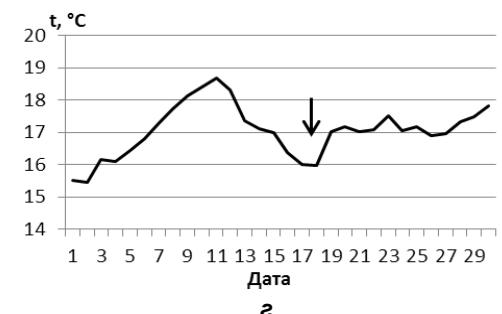
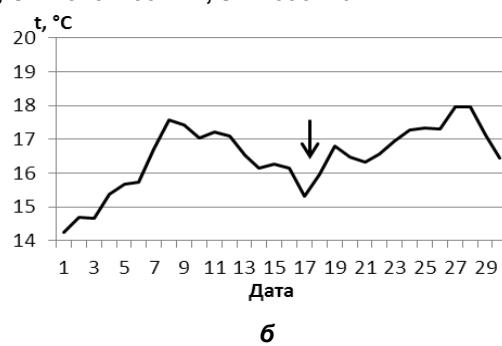
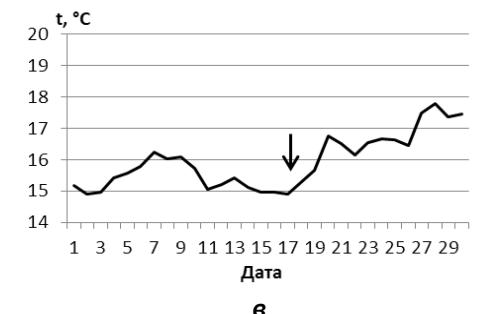
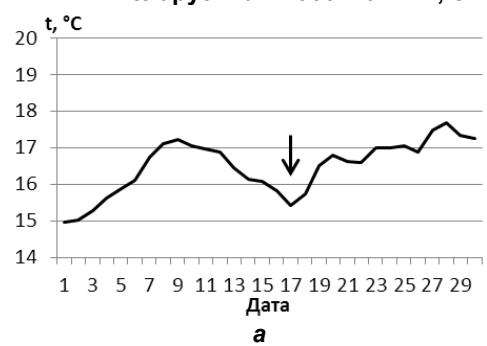
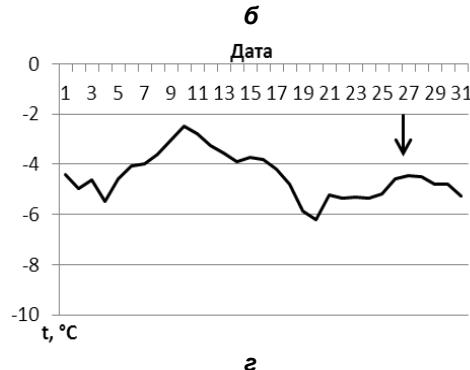
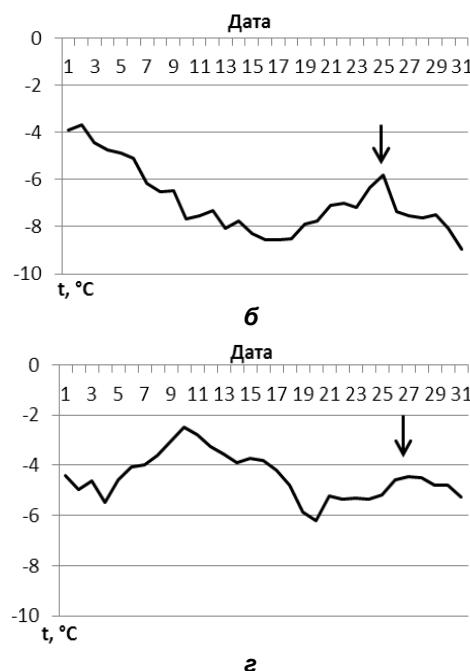


Рис. 4. Среднесуточные температуры июня для различных временных периодов на территории Беларусь: а – 1955–2014 гг.; б – 1955–1974 гг.; в – 1975–1994 гг.; г – 1995–2014 гг.

Л и т е р а т у р а

1. Груза, Г. В. Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата / Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 4. – С. 49–54.
2. Логинов, В. Ф. Влияние Атлантического океана на величину трендов температуры в период современного потепления / В. Ф. Логинов // География и природные ресурсы. – 2010. – № 3. – С. 10–19.
3. Логинов, В. Ф. Изменчивость величины трендов температуры в годовом ходе / В. Ф. Логинов, Т. Г. Табальчук // Природопользование. – 2014. – Вып. 26. – Минск, 2014. – С. 6–10.
4. Региональные проявления современного потепления климата в тропостратосфере Северного полушария / Ю. П. Переведенцев [и др.] // Изв. Рос. акад. наук, Сер. геогр. – 2005. – № 6. – С. 6–16.
5. Шерстюков, Б. Г. Изменения, изменчивость и колебания климата / Б. Г. Шерстюков. – Обнинск, 2011.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 20.04.2016 г.

В. Ф. Логинов, Т. Г. Табальчук

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ ТРЕНДОВ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО И УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ

Приведены результаты анализа нормированных линейных трендов среднесуточных температур на территории Белорусского и Украинского Полесья для различных периодов. Показано, что характер внутригодового распределения величины трендов температуры в текущий период потепления климата стал принципиально другим: нормированные величины трендов температуры оказались максимальными со второй половины весны до глубокой осени. Дан анализ календарных особенностей изменения температуры в январе и июне на территории Беларуси для периодов 1955–1974, 1975–1994, 1995–2014 гг., а также для всего доступного временного ряда. Рассмотрена повторяемость положительных и отрицательных температурных флюктуаций января и июня и их прогностический смысл.

V. F. Loginov, T. G. Tabalchuk

VARIABILITY OF TEMPERATURE TRENDS VALUE FOR THE TERRITORY OF BELARUSIAN AND UKRAINIAN POLESIA

Analysis results of normed linear trend of average daily temperatures on the territory of Belarusian and Ukrainian Polesia for various periods are given. It is shown that a character of sub annual size distribution of temperature trends during the current period of global warming has become a fundamentally different: the normalized temperature trends provide maximum value of the second half of spring to the late autumn. An analysis of calendar features of temperature changes in January and June in Belarus for the periods of 1955–1974, 1975–1994, 1995–2014 was done, as well as the available time series. A repetition of positive and negative temperature fluctuations of January and July and their prognostic significance are considered.

В. Ф. Логинов, М. А. Хитриков

ОЦЕНКА МЕЖДЕКАДНЫХ РАЗНОСТЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ ЗА ПЕРИОД С 1955 ПО 2014 ГОД

Приведены результаты изучения изменчивости температуры в центральной части Беларуси на протяжении 60-летнего периода (1955–2014 гг.) на примере величины разностей температуры между смежными декадами (междекадных разностей температуры). Выявлено влияние континентальности климата и степени урбанизации территории Беларуси на изменчивость температуры. Определен характер изменений дат наступления и продолжительности фенологических фаз зерновых культур и рассмотрены причины этих изменений.

Характер и величина изменений температуры от декады к декаде (междекадные разности) представляют собой большой интерес при определении сроков и продолжительности выполнения различных хозяйственных работ и планировании хозяйственной деятельности.

Цель работы – изучить особенности изменения междекадных разностей температуры на протяжении года. Предмет анализа – среднесуточные температуры на метеорологических станциях Минск, Новогрудок, Горки. Первая станция расположена в крупном городе, где отчетливо выделяется «остров тепла» [4, 5], а две другие станции расположены в небольших городах на западе (Новогрудок) и востоке (Горки) центральной части Беларуси. Подобный выбор станций был обусловлен необходимостью оценки влияния большого города и континентальности климата на характер и величину изменений междекадных разностей температуры.

Оценку проводили согласно следующей методике. Для каждого года были вычислены последовательные междекадные разности (Δ) тем-

пературы $t_2 - t_1$, $t_3 - t_2$ и т. д. до $t_{36} - t_{35}$, где t_1 – средняя температура первой декады года (1–10 января) и т. д., а t_{36} – средняя температура 36-й декады (21–31 декабря); последнее значение за год вычислялось как разность первой декады следующего года и последней декады текущего. На следующем этапе было проведено осреднение полученных данных для каждой станции за весь рассматриваемый период, период современного потепления климата (1988–2014 гг.), а также период, ему предшествовавший (1955–1987 гг.) [3, 5, 6]. Результаты осреднений междекадных разностей температуры за весь рассматриваемый период приведены на рис. 1–3. На них жирными линиями обозначены изменения междекадных разностей на протяжении года, а тонкими линиями – полиномиальные тренды третьей степени междекадных разностей температуры, вычисленные по формуле вида $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$, где a , b , c , d – численные коэффициенты, отличающиеся в зависимости от станции и периода осреднения (формулы линий тренда приведены в подрисуночных подписях).

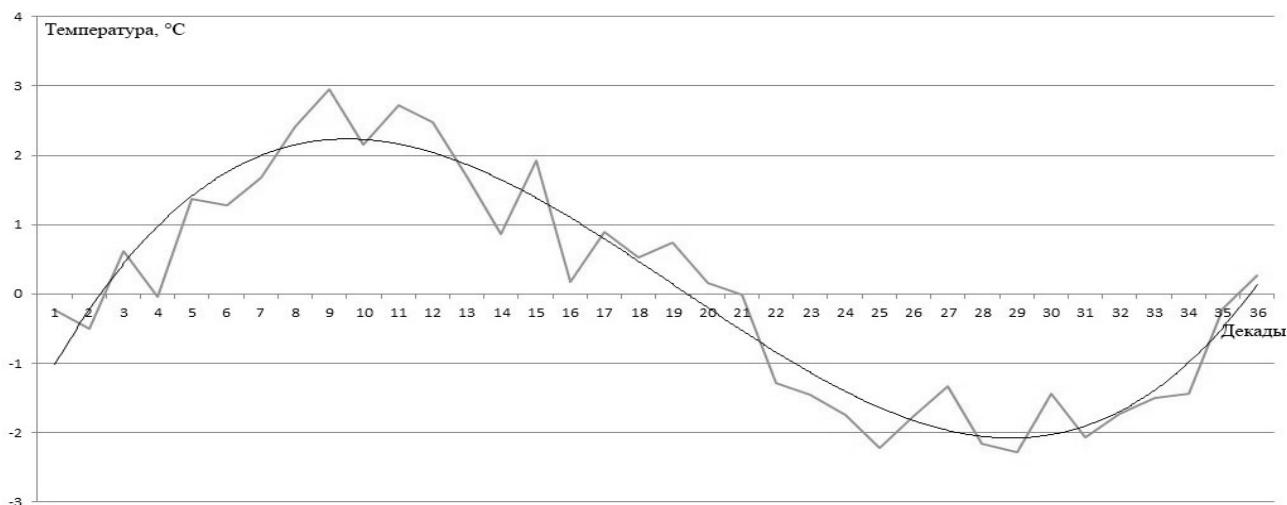


Рис. 1. Междекадные разности температуры по метеостанции Минск за период 1955–2014 гг.
Формула линии тренда: $y = 0,0012x^3 - 0,0689x^2 + 0,9856x - 1,9399$

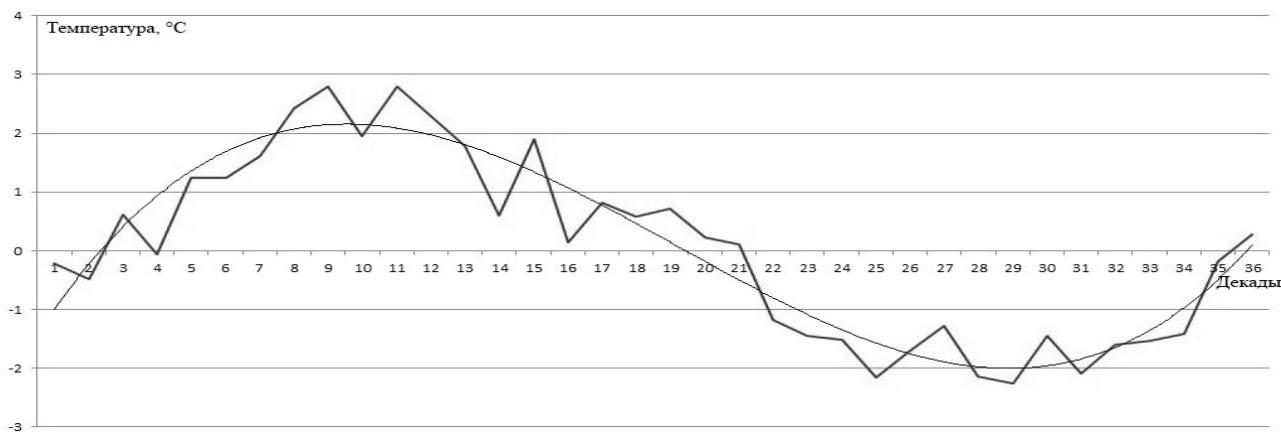


Рис. 2. Междекадные разности температуры по метеостанции Новогрудок за период с 1955 по 2014 г. Формула линии тренда: $y = 0,0011x^3 - 0,0662x^2 + 0,9498x - 1,8764$

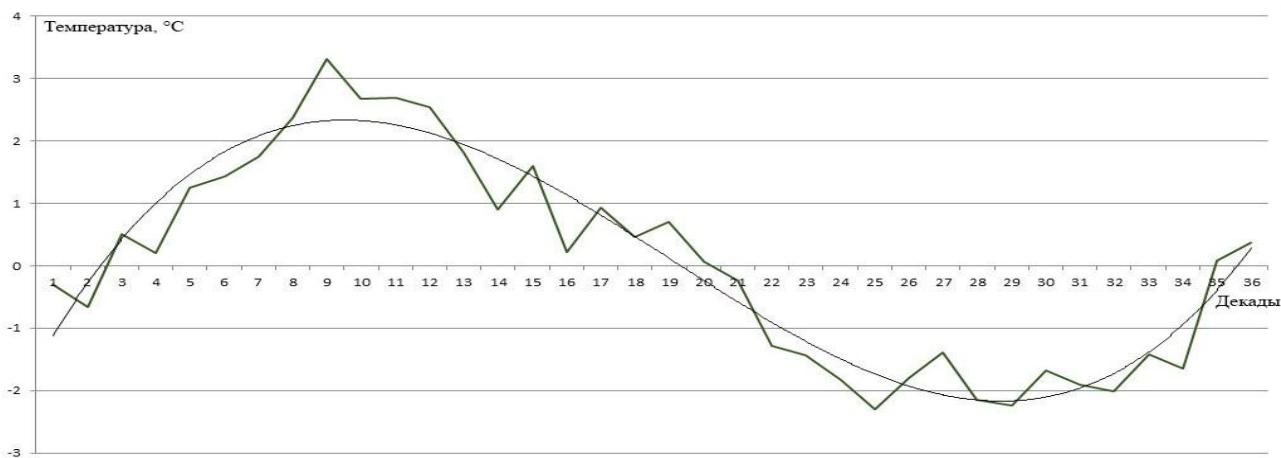


Рис. 3. Междекадные разности температуры по метеостанции Горки за период с 1955 по 2014 г. Формула линии тренда: $y = 0,0013x^3 - 0,0732x^2 + 1,0457x - 2,0911$

Рассмотрим характер изменений междекадных разностей температуры для каждого из указанных выше периодов на каждой из станций. Прежде всего, необходимо отметить особенности, общие для всех трех рассматриваемых станций и для всех периодов осреднения. Важнейшей из них является подобие годового хода значений междекадных разностей температуры на всех трех метеостанциях для каждого периода осреднения. Различия заключаются только в величине магнитуды изменений: при продвижении с востока на запад отклонения от полиномиального тренда увеличиваются. Это заметно для всех периодов осреднения. Подобие хода изменений междекадных разностей температуры объясняется сравнительно небольшой площадью рассматриваемой территории, однородностью рельефа, и, как следствие, однородностью протекающих синоптических процессов. Увеличение значений отклонений от линии тренда при продвижении с востока на запад является следствием ослабления континентальности климата.

Величины отклонений от линии полиномиального тренда и сами значения изменений междекадных разностей температуры сильно различаются для определенных декад года. Они связаны с такими явлениями, как зимние оттепели и сильные отрицательные аномалии («крещенские морозы»), весенние возвраты холода и осенние возвраты тепла («бабье лето»). Для всего периода наблюдений наибольшие аномалии температуры были характерны для: 35, 3-й декад – зимние оттепели; 13, 14, 16-й декад – возвраты холода весной и в начале лета; 26, 27, 30-й декад – возвраты тепла осенью, «бабье лето». Такие аномалии разностей температуры отмечаются как для периода современного потепления климата, так и периода, предшествовавшего ему, однако во время периода, предшествовавшего современному потеплению, максимум в повторяемости оттепелей приходился на 2-ую декаду, тогда как для 26-й декады максимумы не были характерны; отмечался также пик повторяемости возврата холода ранним летом в течение 18-й

декады. Для периода современного потепления климата возврат холдов характерен также в течение 12-й декады, что является более губительным для сельского хозяйства. В зимний период в течение 36-й и 1-й декады отмечались ярко выраженные оттепели, а во время 2-й и 4-й декад – сильные похолодания. В 30–50 % случаев пиковые значения разностей температуры и величины отклонений от линии тренда приходились именно на указанные декады, а еще в 30–40 % случаев отмечался рост или падение температуры на всем протяжении данных декад, свидетельствовавший о развитии более продолжительных похолоданий или потеплений. Данные аномалии характерны для всех рассмотренных станций. Различия заключаются только в величинах отклонений от линии тренда, которые больше на западе страны и меньше на востоке. Примечательным является то, что обычно наблюдается несколько «волн» холдов весной и тепла осенью. Наиболее вероятным объяснением этого является смена циркуляционного режима атмосферы умеренных широт с зимнего на летний и, наоборот, происходящая в переходные сезоны. Необходимо также отметить еще одну особенность изменений величины междекадных разностей температуры, наблюдающуюся каждый год: сильные осенние похолодания и осенние заморозки. На всех рассмотренных станциях осенью каждого года один или два раза падение величины междекадных разностей температуры в 3–5 раз превышает его среднюю величину, что может характеризовать резкий переход от осени к предзимью. Эта особенность не имеет выраженной привязки к определенным срокам и может отмечаться в любую из декад осени. Поэтому на графиках годового хода она не выражена.

Другим важным аспектом при рассмотрении междекадных разностей температуры является анализ изменений их абсолютных значений. Анализ годовых ходов междекадных разностей температуры за весь рассмотренный период показывает, что наибольшие изменения величины междекадных разностей температуры от декады к декаде происходят в холодный период года (ноябрь–март), что определяется активными циркуляционными процессами в это время. Наиболее часто максимальные изменения фиксируются в период с 33-й по 4-ую декаду. Величины наибольших изменений разностей температуры за весь рассмотренный период составили: в Минске значение максимального повышения от декады к декаде равно +16,8°C, максимального понижения равно –13,5°C, среднее из максимальных повышений за год равно +8,7°C, среднее из максимальных понижений равно –8,5°C; аналогичные значения для Горок составляют +18,4°C, –15,6°C, +9,2°C и –9,1°C; для Новогрудка – +16,3°C, –12,9°C, +8,5°C и –8,3°C соответственно. Максимальное повышение температуры на всех рассмотренных станциях наблюдалось в течение 36-й декады 1996 г. (средняя величина

для рассматриваемых станций равна +17,2°C), максимальное понижение было отмечено в течение 34-й декады 2009 г. (средняя величина для рассматриваемых станций равна –14°C). Величина максимального значения разностей температуры, а также их средние значения, увеличиваются в направлении с запада на восток, что связано с небольшим ростом континентальности климата (протяженность страны с запада на восток составляет всего 650 км).

Дальнейшие исследования пространственных особенностей в изменении междекадных температур показали, что континентальность не является единственным фактором, формирующим величину пространственных изменений междекадных разностей температуры. Другим фактором является степень урбанизации рассматриваемого региона. Определенную роль в пространственных особенностях изменений междекадных разностей температуры играет факт наличия или отсутствия «островов тепла» в городах. Установлено, что над крупными городами формируются «острова тепла», которые сильнее всего проявляются в зимний период, но существуют на протяжении всего года [2–4].

Анализ показал, что наименьшее число случаев, когда на определенной станции отмечаются наибольшие или наименьшие значения величин междекадных разностей температуры среди всех рассмотренных пунктов наблюдения, приходится не на самый западный город, Новогрудок, что должно следовать из ранее указанных особенностей, связанных с континентальностью климата, а на Минск. Причем доля числа случаев с наибольшими и наименьшими значениями междекадных разностей температуры в Минске составляет менее половины по сравнению со станцией Новогрудок. Эта доля еще меньше по сравнению со станцией Горки. Однако частично установленное различие долей наибольших и наименьших значений междекадных разностей температуры можно отнести к меньшей континентальности климата в Минске по сравнению с Горками. Число случаев регистрации экстремальных значений разностей температуры на рассмотренных станциях представлено в табл. 1.

Учитывая схожесть физико-географических условий и близкую широту рассматриваемых станций, указанные различия можно объяснить наличием «островов тепла» над крупным двухмиллионным городом, тогда как в Новогрудке и Горках, где численность населения составляет около 30 тыс. человек, условия для формирования «островов тепла» отсутствуют. Таким образом, в крупных городах изменчивость междекадных разностей температуры меньше, чем на сельских станциях, а, следовательно, температурный режим отличается меньшей изменчивостью и лучшей предсказуемостью.

Таблица 1. Число случаев регистрации экстремальных значений междекадных разностей температуры на метеостанциях Минск, Новогрудок и Горки

Метеостанция	Число случаев с наибольшими значениями	Число случаев с наименьшими значениями	Общее число случаев
Горки	926	938	1864
Новогрудок	849	834	1683
Минск	377	382	759
Равные значения для двух метеостанций	8	6	14

Дополнительно был проведен анализ характера изменений междекадных разностей температуры относительно их средних значений за весь период наблюдений. Методика данного анализа заключалась в следующем. Сначала определяли величины нормальных изменений междекадных разностей температуры для каждого из четырех сезонов года относительно их средних значений за весь период наблюдений. Затем полученные результаты рассматривали относительно следующих категорий: преобладание отклонений с обеспеченностью $\pm 90\%$, преобладание отрицательных отклонений меньшей обеспеченности и преобладание положительных отклонений меньшей обеспеченности.

Расчет величин нормальных изменений проводили согласно следующей схеме. К зиме были отнесены декады с 33-й по 7-ую, к весне – с 8-й по 14-ую, к лету – с 15-й по 26-ую, к осени – с 27-й по 32-ую. Поскольку зимой и летом происходит смена знака величины изменений разностей температуры, игнорирование которой внесло бы значительные искажения в дальнейшие расчеты, данные сезоны были разбиты на два подпериода: лето было разделено на подпериоды с 15-й по 20-ую и с 21-й по 26-ую декады для метеостанций Минск и Горки и с 15-й по 21-ую и с

22-й по 26-ую для метеостанции Новогрудок, зима – на периоды с 33-й по 3-ю и с 4-й по 7-ую декады для метеостанций Минск и Новогрудок и с 33-й по 2-ую и с 3-й по 7-ую для метеостанции Горки (подпериод до смены знака изменений величины разностей температуры и подпериод после нее будут обозначаться П1 и П2 соответственно).

В основу данного деления положены характерные изменения орбитальных параметров Земли в годовом ходе, уточнения были произведены на основании известных изменений в природной среде умеренных широт. Предполагалось, что среднеарифметическая величина междекадных разностей температуры имеет нормальное распределение, а категория «преобладание отклонений с обеспеченностью $\pm 90\%$ » включает в себя значения разностей температуры равные $\pm 1,67\sigma$, где σ – среднеквадратическое отклонение (далее СКО) значений междекадных разностей температуры за сезон. Полученные значения СКО и норм приведены в табл. 2. Используя данные которой, можно определить годы, когда наблюдалось преобладание изменений междекадных разностей температуры в пределах $\pm 90\%$ обеспеченности ($\pm 1,67\sigma$) на протяжении трех и более сезонов.

Таблица 2. Среднеквадратические отклонения и нормы величины междекадных разностей температуры для метеостанций Минск, Новогрудок и Горки

Параметр	Значение	Параметр	Значение
<i>Метеостанция Минск</i>			
Норма для зимы, П1	1,24	Норма для лета, П1	1,00
СКО для зимы, П1	0,74	СКО для лета, П1	0,58
Норма для зимы, П2	1,10	Норма для лета, П2	1,16
СКО для зимы, П2	0,66	СКО для лета, П2	0,69
Норма для весны	1,09	Норма для осени	0,60
СКО для весны	0,65	СКО для осени	0,36
<i>Метеостанция Новогрудок</i>			
Норма для зимы, П1	1,69	Норма для лета, П1	0,97
СКО для зимы, П1	1,01	СКО для лета, П1	0,58
Норма для зимы, П2	1,39	Норма для лета, П2	0,51
СКО для зимы, П2	0,84	СКО для лета, П2	0,31
Норма для весны	1,20	Норма для осени	0,63
СКО для весны	0,72	СКО для осени	0,38
<i>Метеостанция Горки</i>			
Норма для зимы, П1	1,23	Норма для лета, П1	0,84
СКО для зимы, П1	0,74	СКО для лета, П1	0,51
Норма для зимы, П2	1,45	Норма для лета, П2	1,08
СКО для зимы, П2	0,87	СКО для лета, П2	0,65
Норма для весны	1,20	Норма для осени	0,48
СКО для весны	0,72	СКО для осени	0,29

Перечень таких лет для каждой из рассмотренных станций приведен в табл. 3, из которой следует, что: на метеорологической станции с наиболее континентальным климатом (Горки) отклонения междекадных разностей температуры от средних значений, находящиеся в пределах нормы, встречаются в 2 раза реже, чем на двух других; число лет, в течение которых отмечалось преобладание отклонений в пределах нормы, увеличилось за период современного потепления климата (1988–2014 гг.), и на него приходится порядка 57 % всех случаев. Данный факт свидетельствует о том, что «капризы» погоды стали менее выражены, и, следовательно, климат стал более благоприятным для климато-зависимых отраслей экономики.

Аналогичным путем можно определить годы, в течение которых на протяжении трех и более сезонов преобладали отклонения междекадных разностей температуры от средних многолетних значений выше и ниже нормы. Из табл. 4 следует, что при повышении континентальности климата наблюдается уменьшение числа лет с преобладанием отклонений междекадных разностей температуры от средних многолетних значений выше и ниже нормы так же, как и числа лет с преобладанием отклонений междекадных разностей температуры в пределах нормы. Данные табл. 4 также показывают, что за период современного потепления климата число лет, в течение которых отмечалось преобладание отклонений разностей температуры от средних многолетних значений выше и ниже нормы, значительно сократилось: на период современного потепления климата приходится только 6 из 22 зарегистрированных случаев.

За рассмотренный 60-летний период значительные отклонения междекадных разностей температуры носят случайный характер, однако в ряде случаев отмечались серии из пяти и бо-

лее лет, когда в течение одного из сезонов от года к году сохранялся одинаковый характер отклонений междекадных разностей температуры от средних многолетних значений. Всего было зарегистрировано восемь серий продолжительностью более 5 лет: шесть пятилетних серий (вероятность возникновения – 3,1 %), одна шестилетняя (вероятность возникновения – 1,5 %) и одна восьмилетняя (вероятность возникновения – 0,4 %). В Минске были отмечены две пятилетних серии и одна восьмилетняя, в Новогрудке – три пятилетних, в Горках – одна пятилетняя и одна шестилетняя. Три серии были зарегистрированы в зимний период, три – в весенний и две – в летний. В шести из восьми зарегистрированных случаев серии приходились на сезоны, в течение которых преобладали отклонения междекадных разностей температуры в пределах нормы. Пять из восьми обнаруженных серий лет пришлись на период современного потепления климата. Это служит дополнительным подтверждением того, что за последние десятилетия климат стал более стабильным.

Изучение величины междекадных разностей температуры важно для многих отраслей хозяйства, однако наибольшую значимость оно имеет для фенологии сельскохозяйственных культур. Как известно, для наступления какой-либо фенологической фазы должна быть накоплена определенная сумма активных температур, но в зависимости от того, как температура изменяется изо дня в день, для разных лет сроки наступления фаз различаются. Следовательно, изменения междекадных разностей температуры играют очень важную роль при определении сроков наступления фенологических фаз.

Нами была поставлена задача изучить, как за весь рассматриваемый период изменялось время наступления фенологических фаз, продолжительности межфазных периодов и величины

Таблица. 3. Перечень лет, на протяжении которых изменения междекадных разностей температуры имеют 90 % обеспеченность ($\pm 1,67\sigma$)

Метеостанция	Годы
Минск	1957, 1970, 1982, 1993, 1998, 1999, 2008, 2010
Новогрудок	1958, 1970, 1983, 1985, 1995, 1998, 1999, 2009, 2011
Горки	1961, 1973, 2000, 2002

Таблица. 4. Перечень лет, на протяжении которых отмечалось преобладание отклонений междекадных разностей температуры от многолетних средних значений выше и ниже нормы

Тип отклонения	Метеостанция		
	Минск	Новогрудок	Горки
Преобладание отклонений междекадных разностей температуры ниже нормы	1973, 1988	1965, 1978, 1981, 1988	1959, 2012
Преобладание отклонений междекадных разностей температуры выше нормы	1956, 1964, 1987, 1997	1956, 1962, 1968, 1967, 1979, 1987, 1996, 2012	1963, 1972

междекадных разностей температуры. Для ее выполнения было проведено сравнение указанных соотношений для периода современного потепления климата и периода, ему предшествовавшего. В качестве изучаемой культуры был выбран яровой ячмень. Данный выбор основывался на том, что ячмень широко распространен во всех агроклиматических зонах страны, и на том, что яровые культуры являются более representativeными для отображения воздействия температур на протяжении вегетационного периода. Даты наступления фаз были взяты из научно-прикладных справочников по агроклиматическим ресурсам Республики Беларусь за 1997 и 2008 г [1, 7]. Первый справочник содержит информацию, осредненную за период с 1951 по 1990 г., второй – осредненную за период с 1986 по 2005 г. Первый указанный период в основном совпадает с периодом, предшествовавшим современному потеплению климата, а второй – с периоду современного потепления климата. Сроки наступления фаз и продолжительности межфазных периодов для каждого из рассмотренных периодов приведены в табл. 5, 6.

Если сравнивать даты наступления фаз за период современного потепления климата с датами за период, предшествовавший ему, то для всех станций отмечается более раннее наступление фаз развития растений – в среднем на 6–

10 дней. В период современного потепления климата повышение значений температуры позволило проводить посевые работы раньше, и, как следствие, наступало смещение всех остальных сроков развития растений.

Однако лучшей характеристикой непосредственного влияния междекадных разностей температуры на развитие растений является продолжительность межфазных периодов. Если сравнить период, предшествовавший потеплению климата, и период самого потепления климата, то можно выделить следующие особенности: период посев–всходы сократился на станциях Горки и Новогрудок и увеличился на станции Минск, период всходы–3-й лист сократился на станциях Минск и Горки и возрос на станции Новогрудок, период 3-й лист–кущение сократился на всех станциях, период кущение–выход в трубку не претерпел значительных изменений, а период выход в трубку–колошение увеличился на всех станциях. Период колошение–молочная спелость не претерпел значительных изменений, период молочная спелость–восковая спелость либо остался без изменений (Горки), либо незначительно возрос (Новогрудок, Минск). Общие тенденции изменений продолжительности межфазных периодов четко выражены и объясняются тем, что, несмотря на общее повышение значений температуры, характер хода

Таблица 5. Даты наступления фенологических фаз в различные периоды

Метеостанция	Фенологическая фаза								
	Пос.	Всх.	3-й л.	Кущ.	ВвТ	Кол.	МС	ВС	Уб.
<i>Период, предшествовавший современному потеплению климата</i>									
Минск	03.05	15.05	25.05	01.06	09.06	30.06	17.07	31.07	12.08
Горки	05.05	18.05	28.05	03.06	10.06	02.07	19.07	04.08	16.08
Новогрудок	04.05	17.05	28.05	06.06	14.06	04.07	23.07	05.08	17.08
<i>Период современного потепления климата</i>									
Минск	21.04	05.05	14.05	19.05	27.05	21.06	08.07	24.07	04.08
Горки	29.04	10.05	19.05	23.05	31.05	27.06	15.07	01.08	09.08
Новогрудок	23.04	05.05	17.05	24.05	30.05	26.06	14.07	28.07	05.08

П р и м е ч а н и е. Пос. – посев; Всх. – всходы; 3-й л. – третий лист; Кущ. – кущение; ВвТ – выход в трубку; Кол. – колошение; МС – молочная спелость; ВС – восковая спелость; ПС – полная спелость; Уб. – уборка.

Таблица 6. Продолжительность межфазных периодов в разные периоды, дни

Метеостанция	Межфазный период								
	Пос.–Всх.	Всх.–3-й л.	3-й л.–Кущ.	Кущ.–ВвТ	ВвТ–Кол.	Кол.–МС	МС–ВС	ВС–Уб.	ВС–ПС
<i>Период, предшествовавший современному потеплению климата</i>									
Минск	12	10	6	8	21	17	14	12	–
Горки	13	10	6	7	22	17	16	12	–
Новогрудок	13	11	9	8	20	19	13	12	–
<i>Период современного потепления климата</i>									
Минск	14	9	5	8	25	17	16	–	14
Горки	11	9	4	8	27	18	16	–	11
Новогрудок	12	12	7	6	27	18	14	–	12

П р и м е ч а н и е. Обозначения те же, что и в табл. 5.

междекадных разностей температуры за вегетационный период не претерпел значительных изменений за весь период наблюдений, за исключением исчезновения одного значительного отклонения от линии полиномиального тренда (возврат холодов в течение 18-й декады).

Другие отклонения сохранились, изменив лишь свою величину. Сокращение продолжительности первых трех межфазных периодов и отсутствие изменений для периода кущение–выход в трубку объясняется тем, что на большем числе межфазных периодов не происходит значительных отрицательных отклонений значений междекадных разностей температуры, т. е. сохраняются благоприятные термические условия для развития культур. Период выход в трубку–колошение увеличился потому, что в течение его

отмечается сильное весенне похолодание (в течение 16-й декады), которое за период современного потепления климата стало еще мощнее. В дальнейшем происходит снижение значений междекадных разностей температуры, характер которого не менялся за весь рассматриваемый период. В результате продолжительность межфазных периодов в основном сохранилась.

Таким образом, наиболее значимыми факторами, влияющими на характер годового хода междекадных разностей температуры, являются континентальность климата и степень урбанизации регионов, в которых расположены станции. Температурный режим за последние десятилетия стал более благоприятным для климатозависимых отраслей экономики, в частности сельского хозяйства.

Литература

1. Агроклиматические ресурсы Республики Беларусь в условиях изменения климата : научно-прикладной справочник. – Минск, 2008.
2. Адаменко, В. Н. Климат больших городов / В. Н. Адаменко. – Обнинск : ВНИИГМИ-МЦД, 1975.
3. Изменения климата Беларуси и их последствия / под общ. ред. В. Ф. Логинова. – Минск, 2003.
4. Климат Беларуси / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск, 1996.
5. Логинов, В. Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия / В. Ф. Логинов. – Минск, 2008.
6. Логинов, В. Ф. Опасные метеорологические явления на территории Беларуси / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, И. Н. Шпока. – Минск, 2010.
7. Научно-прикладной справочник по агроклиматическим ресурсам Республики Беларусь. – Минск, 1997.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 18.04.2016 г.

В. Ф. Логинов, М. А. Хитриков

ОЦЕНКА МЕЖДЕКАДНЫХ РАЗНОСТЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ ЗА ПЕРИОД С 1955 ПО 2014 ГОД

Для центральной части Беларуси на примере трех метеорологических станций, имеющих схожие физико-географические условия – Минска, Новогрудка и Горок – проанализированы изменения междекадных разностей температуры за весь рассматриваемый период (1955–2014 гг.), а также период современного потепления климата (1988–2014 гг.) и период, ему предшествовавший (1955–1987 гг.). Определены характерные особенности изменений междекадных разностей температуры и причины, на них влияющие.

В ходе анализа полученных данных выявлены характерные отклонения значений температуры от нормы, такие как зимние оттепели, возвраты холодов весной и возвраты тепла осенью («бабье лето») и определены декады, в течение которых они наблюдаются чаще всего: оттепели – в течение 35, 3-й декады, возвраты холодов весной – 13, 14, 16-й декады, «бабье лето» – 26, 27, 30-й декады. Данные сроки оказались общими для всех рассмотренных станций. Были выявлены важнейшие факторы, влияющие на величину междекадных разностей температуры: континентальность климата и степень урбанизации рассматриваемого региона. При продвижении с востока на запад средние значения отклонений растут, однако экстремальные значения уменьшаются. Большие города оказывают сглаживающее влияние на ход междекадных разностей температуры: в них отмечается гораздо меньшее число экстремумов, чем на метеорологических станциях в сельской местности.

Анализ характера изменений значений междекадных разностей температуры относительно средних значений за весь период наблюдений показал, что за период современного потепления климата годовой ход рассматриваемой величины на протяжении всех сезонов, за исключением зимы, стал более слаженным. За период с 1988 по 2014 г. сократилось число декад, когда преобладали отклонения вне пределов многолетней нормы колебаний.

Изучение характера изменений дат наступления и продолжительностей фенологических фаз зерновых культур показало, что условия их произрастания за период современного потепления климата в целом улучшились относительно периода, предшествовавшего потеплению. Из-за смещения дат наступления фаз произошло заметное увеличение продолжительности периода роста стебля.

V. F. Loginov, M. A. Khitrikov

**AN ASSESSMENT OF INTERDECEDAL TEMPERATURE DIFFERENCES
IN CENTRAL PART OF THE REPUBLIC OF BELARUS IN 1955–2014**

Changes of interdecadal temperature differences in central part of the Republic of Belarus were analyzed for the whole considered period (1955–2014), for the period of recent warming (1988–2014), the period before significant temperature changes (1955–1987) for three meteorological stations with similar physical geographical conditions: Minsk, Navahrudak, Horki. Characteristic features of changes of differences between ten-day terms and reasons causing them were defined.

Characteristic deviations of temperature values like winter thaws, returns of cold weather in spring and returns of warm weather in autumn («Indian summer») were detected. Decades during which these anomalies usually occur were found: thaws usually happen during 35th and 3rd decades, returns of cold weather in spring – 13th, 14th, 16th decades, returns of warm weather in autumn – in 26th, 27th, 30th decades. These decades were common for all three considered stations. The most important factors affecting magnitude of interdecadal differences were found: it is continentality of climate and degree of urbanization of considered region. Mean values are smaller at eastern stations than at western, but extreme values are greater. Large cities have smoothing effect on variations of interdecadal differences: number of extrema at stations at large cities is much smaller than at stations at countryside.

Analysis of features of changes of interdecadal differences relative to average values for the whole sixty-year period showed that annual variations of parameter considered for all seasons except winter became smoother for the period of recent warming. Number of decades during which deviations is higher than normal were registered dropped during the period from 1988 till 2014.

Studying of features of dates and durations of phenological phases of cereals showed that growing conditions have improved during the period of recent warming, in relation to the period before significant temperature changes. Period of stem growth became longer because of shift of dates of all the phases.

УДК 582.47:634.0.56(476)

В. Н. Киселев¹, Е. В. Матюшевская², А. Е. Яротов², П. А. Митрахович²

ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ПОНИМАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ БЕЛАРУСИ

Объектом исследования являлись: лесопарковые насаждения современных поколений ели и сосны в условиях техногенного загрязнения воздушной среды Минска и Могилева, «островные» ельники и сосновки в Белорусском Полесье. Основные цели и задачи исследования заключались в выявлении реакции ели и сосны на изменчивость погодно-климатических условий при техногенном загрязнении воздушной среды в этих городах и после осушительной мелиорации на юге Беларуси.

Современные динамичные климатические реалии Беларуси, на фоне периодических изменений климата в Северном полушарии, должны отразиться на состоянии природной среды, прежде всего на устойчивости лесов в настоящее время и в ближайшей перспективе. При выполнении исследования под устойчивостью лесов понималось сохранение ими способности реагировать на погодную изменчивость погодно-климатических факторов, реализуя свой биопродукционный потенциал в нарастании стволовой массы (радиальный прирост). При этом необходимо было учесть важнейшие для Беларуси антропогенные факторы: техногенное загрязнение и осушительную мелиорацию (особенно в Полесье).

Потеря устойчивости лесов при нестабильной экологической ситуации может выразиться в снижении изменчивости радиального прироста вплоть до его постоянного угнетения. Эта потенциальная угроза в современных климатических реалиях при антропогенном воздействии (осушительная мелиорация и техногенное загрязнение) может стать еще более острой. Географическое положение Беларуси в лесной зоне умеренного климатического пояса предоставляет возможность организации и проведения дендроиндикационных исследований, результаты которых очевидно будут способствовать расширению знаний о сущности временной и пространственной изменчивости природной среды и пониманию участия антропогенных факторов в ее динамике.

Выполнение исследования обязано быть ориентированным на изучение временной динамики изменчивости продукционного процесса, отраженного в нарастании стволовой массы под влиянием естественных и антропогенных факторов. При этом необходимо учитывать территориальную составляющую, отражающую географические закономерности исследуемых явлений.

Оценить состояние лесных экосистем в условиях постоянно меняющихся природно-экологических и антропогенных факторов можно только по индикационному параметру самих экосистем – радиальному приросту. Именно он является объективным показателем происходящих

изменений в природной среде и не зависит от субъективного восприятия ее трансформаций.

В дендроклиматологии, начиная с работы А. Н. Бекетова «О влиянии климата на возрастание сосны и ели» [1], утверждалось представление, что основными факторами, оказывающими влияние на состояние древостоя и его радиальный прирост, являются климатические – температура воздуха и осадки. Наиболее плодотворные исследования в этом направлении были выполнены в США и в Советском Союзе, главным образом, на Урале, в Южной и Северной Сибири, на Дальнем Востоке, в Средней Азии и Прибалтике. Состояние этих исследований было подробно рассмотрено Т. Т. Битвинским [2].

Дендроклиматические исследования в Беларуси проводились одновременно с изучением влияния антропогенных факторов на лесные экосистемы [3, 4], рельефа [5] и глубины залегания грунтовых вод в песчаных эдафотопах [6] на радиальный прирост сосновых насаждений, а также с целью мониторинга лесов на территории заповедников по профилю «Север – Юг» [7]. Дендроклиматические исследования применялись при изучении влагообеспеченности годичного прироста древесных растений [8], структуры, динамики и факторов регуляции ценопопуляций ели [9], а также в некоторых других отраслевых исследованиях особенностей формирования и продуктивности лесных фитоценозов на конкретных территориях.

Возросший в конце XX в. интерес к ели вызвал необходимость дендроклиматических исследований с целью выявления причин ее массового усыхания [10]. Динамика радиального прироста сосны обыкновенной в связи с изменением климата изучалась в ее биогеоценозах на песчаных почвах и на верховых болотах. В результате выполненных исследований Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси установлено, что последствия изменения климата для лесных экосистем носят неоднозначный характер [12].

Согласно предложенной Институтом леса СО РАН концепции дендроклиматического мони-

торинга, включающей выбор объектов и организацию сети базовых, региональных и локальных тест-полигонов и мониторинговых участков [12], территория Беларуси может рассматриваться в качестве базового тест-полигона для Атлантико-континентальной области лесов умеренного пояса. При сравнительно небольшой размерности равнинной территории Беларуси (протяженность с запада на восток 650 км, с севера на юг 560 км) климатические условия, несмотря на их пространственную и временную изменчивость, характеризуются относительной однородностью. Горизонтальный градиент температуры в восточном направлении составляет $-0,3^{\circ}\text{C}$, в южном $+0,4^{\circ}\text{C}$ на 100 км.

В соответствии с упомянутой концепцией дендроклиматического мониторинга для изучения связи «климат – радиальный прирост» тестовые участки целесообразно было бы расположить на взаимном удалении до 250 км, т. е. на удалении, в пределах которого изменение климатических величин на равнинных территориях незначительно. В этом случае достаточно было бы динамику радиального прироста под влиянием изменчивости климата исследовать на 5 тестовых участках, располагая их на плакорах в центре Беларуси и на удалении до 200–250 км по сторонам света. Именно на плакорах растительность реализует климатический потенциал природной зоны.

Пестрота эдафических лесорастительных условий на равнинной территории Беларуси заставляла самое пристальное внимание уделить анализу с позиций дендрохронологии и дендроклиматологии локальной дендрокольцевой информации, которая была получена при экспедиционных полевых исследованиях в различных эдафотопах. Эта пестрота эдафических условий лесной растительности создавала определенные трудности в выборе тест-участков.

Важнейшим прямо действующим постоянным фактором служит питание растений: корневое (почвенный раствор) и атмосферное (солнечная радиация). Именно эдафическая пестрота определяет неоднозначность реакции древесных пород на изменчивость климатических факторов, оказывающих влияние на образование почвенного раствора. Из естественных экологических факторов, определяющих стволовую продуктивность лесных насаждений, основное внимание было уделено фотосинтетически активной солнечной радиации.

Метеорологические условия (температура воздуха и осадки) являются косвенно действующими факторами для нарастания стволовой массы, зависящего от питания, которое обеспечивается плодородием почвы, ее влажностью, глубиной залегания грунтовых вод, жизненным состоянием древостоя и др. По этой причине выявленные корреляционные связи текущего ради-

ального прироста с метеофакторами по существу являются статистическими, отражающими их влияние на интенсивность использования водно-минеральных ресурсов почвы в соответствии с жизненным состоянием древостоя.

Выполненное исследование [13] показало, что уникальность полесских ландшафтов заключается в том, что их литологической основой на преобладающей площади региона служат покровные кварцевые пески, на что не обращалось внимания при почвенных, геоботанических и лесотипологических исследованиях. Эта особенность природы Полесья не учитывалась при проектно-изыскательском обосновании мелиоративного строительства и при оценке его влияния на природную среду региона.

Исследование лесных экосистем на территориях, не подвергшихся интенсивному антропогенному воздействию, позволило получить информацию о естественном развитии природной среды на Полесье при сценарии без вмешательства крупномасштабной осушительной мелиорации. Радиальный прирост сосны и дуба на немелиорированной территории приобретает 32-летнюю цикличность, служащую индикатором изменения увлажненности территорий с приповерхностным залеганием грунтовых вод под влиянием погодно-климатических условий [14].

Понижение грунтовых вод в результате осушительной мелиорации выступает как один из возможных экологических факторов, способных оказать влияние на состояние и продуктивность лесных экосистем. Однако выполненные ранее исследования привели к выводу, что изменения в состоянии и продуцировании древесной массы сосновых насаждений под влиянием понижения приповерхностных грунтовых вод несущественны [15].

Фиксируемое некоторое снижение интенсивности накопления ее запасов нельзя объяснить повсеместным действием осушительных систем по причине изменчивости климатических условий. Влияние понижения грунтовых вод на сосновые биогеоценозы Белорусского Полесья, которое остается проблематичным, может оказаться наиболее результативным спустя длительное время, в течение которого произойдет трансформация напочвенного покрова и смена поколений древостоя. Сосновые биогеоценозы могут противостоять ожидаемому влиянию понижения питающих вод в результате осушительной мелиорации как сформировавшиеся равновесные природные системы, в значительной мере приспособленные к резкому колебанию увлажненности песчаной почвы за весь период роста древостоя (чертежование засушливых и влажных лет).

Понижение грунтовых вод в почвах на кварцевых песках, сопровождающее осушительную мелиорацию, в конечном итоге может ока-

зать решающее влияние на формирование лесных массивов юга Беларуси при смене поколений леса, которая происходит преимущественно путем искусственного возобновления после сплошных рубок и облесения бросовых песчаных земель, оказавшихся не пригодными для сельскохозяйственного использования. В результате этих лесокультурных работ формируются одновозрастные насаждения, которые с первых лет существования развиваются в условиях искусственного понижения грунтовых вод. Длительное иссушение верхнего слоя песчаной почвы на кварцевых песках с быстрым разрушением маломощных лесной подстилки и гумусного горизонта приводит к гибели культуры сосны со слабо развитой корневой системой или ее повреждение энтомовредителями.

Сосна в плужных бороздах на вырубках и на бывших сельскохозяйственных землях после передачи их лесному хозяйству заранее обречена на борьбу за выживание. И эта борьба не всегда приводит к успеху: в результате формируются насаждения полупустынного облика [13]. В этих экстремальных условиях никакая другая древесная порода, кроме сосны, выжить не может.

Такая смена поколений леса указывает на то, что самой природой Полесья определены ограничения в использовании ее лесных и земельных ресурсов. Для сохранения экологического значения сосновых лесов на кварцевых песках необходимо сократить их роль в лесопромышленных целях. К сожалению, эти особенности природы Полесья по причине неполноты их познания не были учтены при обосновании, проектировании и выполнении мелиоративных работ. Неполнота познания и искаженная информация о Полесье как «главном болоте Европы» отразилась в дефектном состоянии природной среды.

В не отличающихся постоянством климатических условиях лесные формации сохраняют и будут сохранять свое эдафотопическое господство, несмотря на измененный водный режим территории в результате осушительной мелиорации [16]. Современная пространственная дифференциация растительного покрова Полесья произошла под влиянием неизменяющихся в течение длительного времени региональных факторов: тектонического строения и гидрогеологических условий – разгрузки напорных вод коренной мергельно-меловой толщи и миграции металлоксодержащих растворов с Черноморско-балтийского водораздела, в совокупности приведших к устойчивому образованию почвенно-геохимических локалитетов.

Независимо от изменчивости климатических условий и антропогенного вмешательства в естественное развитие природной среды, сосна

не сдаст своих позиций на принадлежащих ей по праву господства кварцевых песках в Белорусском Полесье. Она по-прежнему будет оставаться на этих перемытых водными потоками отложениях.

Ель, требовательная к минеральному питанию, не покинет локалитеты с иллювиально-гумусово-железистым подзолом. Будучи агрессивным эдификатором, не исключается ее дальнейшее вселение в сосняки черничные и ольсы.

Оставшиеся после мелиоративного освоения Полесья насаждения ольхи черной сохраняют свое местонахождение на низинных болотах, в т. ч. осущенных, и дерново-заболоченных почвах без карбонатно-кальциевого и ожелезненного конкреционных комплексов. Искусственное возобновление дубрав возможно в пределах болотно-карбонатно-солончакового ландшафтно-мелиоративного комплекса. Пойменные дубравы не оставят свои экотопы при альтернативных сценариях изменения климата.

Подтверждены также экстремальные погодные условия усыхания ели в XX и XXI вв., выявленные ранее [10]. Этими экстремальными условиями глубокой депрессии радиального прироста, отражающей угнетенное состояние древостоя вплоть до его гибели, явились низкие температуры зимних малоснежных месяцев, сопровождаемые недобором осадков в вегетационный период. Появление этих экстремальных условий связано с серией вулканических извержений, после которых в результате аэрозольного загрязнения атмосферы возникали эти погодные аномалии. Древостой после резко выраженных в течение года или нескольких последовательных лет отрицательных флукутуаций радиального прироста быстро восстанавливает свой биопродукционный потенциал в быстро меняющихся природных условиях, если при этом не отмирает.

Погодно-климатические изменения не проявились контрастно при техногенном загрязнении воздушной среды, не усиливая, как представлялось, экстремальные условия для лесных насаждений. Объектами исследования служили лесопарковые насаждения в Минске и Могилеве. В качестве контроля привлечены дендрометрические определения на тест-полигоне в Логойском лесхозе [17, 18].

Изменчивость радиального прироста ели в условиях техногенного загрязнения воздушной среды (рис. 1) подчинена тем же закономерностям, которые свойственны ее насаждениям на незагрязненной территории Беларуси: низкая чувствительность к климатическим факторам (температуре воздуха и осадкам), угнетение до 1920-х годов, максимальная стволовая продуктивность в 1920–1950-е годы с депрессией в начале 1940-х годов (аномально суровые зимы) и падение прироста во второй половине XX в.

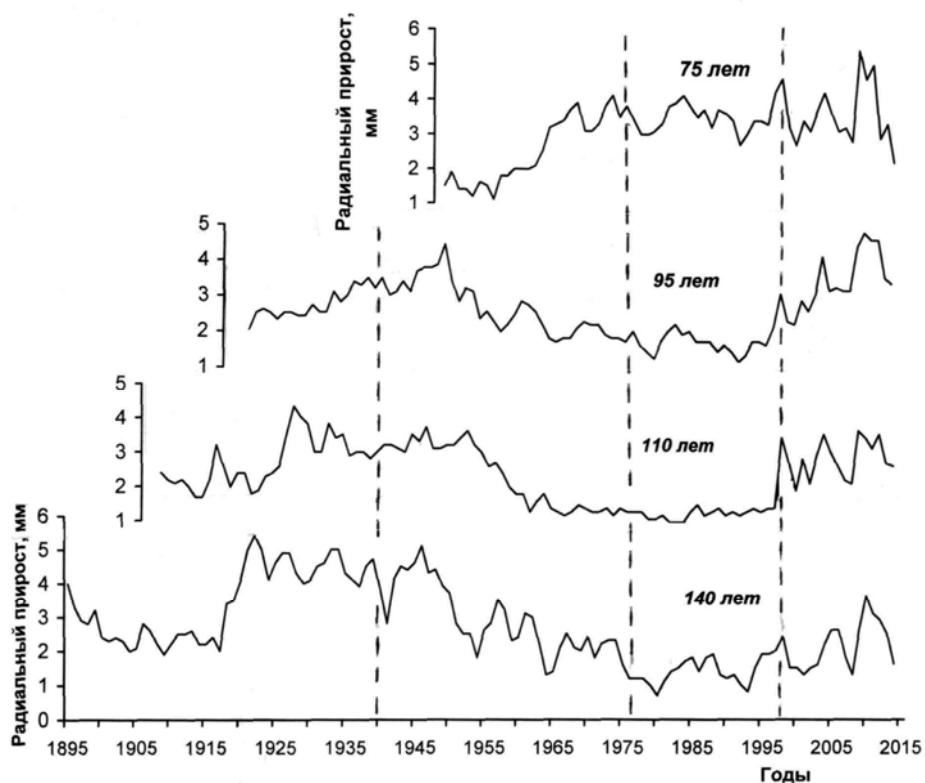


Рис. 1. Динамика изменчивости радиального прироста (в мм) ели в лесопарке имени 50-летия Октября в Минске. 75 лет – возрастные серии деревьев (в каждой серии более 10 стволов). Вертикальными штриховыми линиями указаны 1940, 1976 и 1998 гг.

Дальнейшее потепление климата после 1998 г. (с позиций 1977–1998 гг.) явилось благоприятным фактором не только для ели, но и для сосны (рис. 2) в условиях техногенного загрязнения воздушной среды Минска: ее радиальный прирост в насаждениях с обильным лиственными

подростом и кустарниками увеличился. Современный уровень техногенного загрязнение воздушной среды не следует рассматривать в качестве экстремального фактора для состояния этих хвойных насаждений [17, 18].

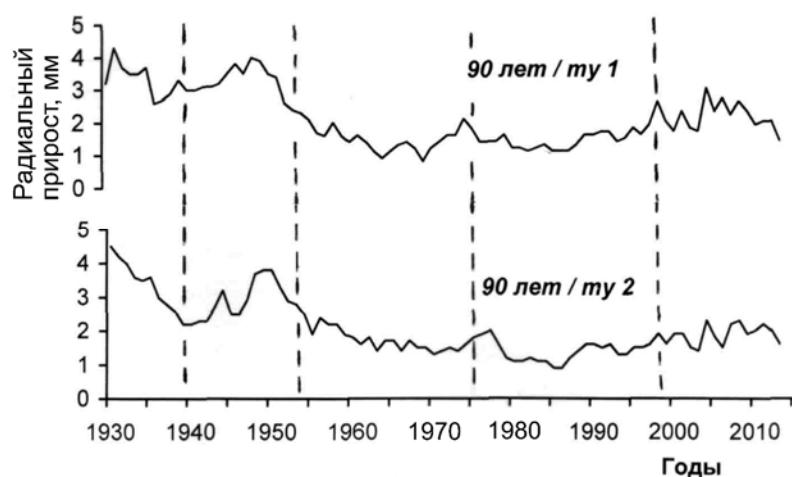


Рис. 2. Многолетний ход изменчивости радиального прироста (в мм) сосны в лесопарке имени 50-летия Октября. 90 лет – возрастные серии деревьев (в каждой серии 10 стволов), ту – тест-участки (тест-участок 1 ниже по пологому склону локального повышения, чем тест-участок 2)

Выполненное исследование привело к выводу о том, что многолетняя динамика радиального прироста ели и сосны в условиях техногенного загрязнения определяется не только этим фактором и погодно-климатическими условиями (температурой воздуха и осадками), но и непостоянством притока прямой солнечной радиации, на что не обращалось внимания в многочисленных дендроэкологических исследованиях. Связь между ним и данным гелиорадиационным фактором определяется водно-минеральным потенциалом почвы.

Современные динамичные климатические условия не привели к существенным изменениям в реализации хвойными лесами Беларуси (сосновыми и еловыми) своего биопродукционного потенциала в нарастании стволовой массы (радиального прироста) независимо от антропогенных факторов (техногенного загрязнения воздушной среды и осушительной мелиорации).

Выполненное исследование показало, что водно-земельные мелиорации выполнялись при непостоянстве климатических условий. Изменчивость климата оказывала влияние на ход мелиоративного освоения болот и заболоченных земель региона и на дискуссию об экологических последствиях этого освоения, которая была более активной при наступлении периодов относительно засушливых климатических периодов [19].

Прямая солнечная радиация оказывает непосредственное физическое воздействие на температуру воздуха и фотосинтезирующий аппарат растений. Рост температуры воздуха и хвои вызывает увеличение эвапотранспирационного расхода влаги, которая поставляется транспирационным током, определяющим интенсивность фотосинтеза [20]. Водные ресурсы илювиально-гумусово-железистого подзола и других заболоченных почв с нахождением грунтовых вод в первом метре от поверхности песчаной почвы («сырые пески») не лимитируют транспирационный ток при любых погодно-климатических условиях, в то время как влажность омброгоризонта автоморфных почв, зависящая от атмосферных осадков, выступает в значении лимитирующего фактора. Эвапотранспирация определяет минеральное питание, рост и урожай растений (для древесных растений лесохозяйственный урожай – радиальный прирост).

В результате последовательно зависимых процессов для лесных насаждений с прямой статистической зависимостью радиального прироста от солнечной радиации образуется следующая цепь: возрастание поступления солнечной радиации → рост температуры воздушной среды и хвои → увеличение транспирации → усиление транспирационного тока → не лимитируемое потребление водно-минеральных ресурсов трихогоризонта и приповерхностных грунтовых вод → прямая

статистическая зависимость радиального прироста от прямой солнечной радиации как начального звена этой цепи. Водно-минеральные ресурсы трихогоризонта и питающих приповерхностных грунтовых вод в песчаных почвах обеспечивают беспрерывное наполнение транспирационного тока. В этом случае потепление климата является благоприятным (стимулирующим) фактором для реализации продукционного потенциала древесного растения.

Для насаждений с обратной статистической зависимостью радиального прироста от прямой солнечной радиации цепь последовательно зависимых процессов выстраивается иначе: возрастание поступления солнечной радиации → рост температуры воздушной среды и хвои → не полная обеспеченность эвапотранспирации влагой из-за ограниченности влагосодержания омброгоризонта автоморфных почв → сокращение транспирации → обратная статистическая зависимость радиального прироста с прямой солнечной радиацией как начального звена этой цепи. Потепление климата выступает уже в значении лимитирующего фактора, снижающего стволовую продуктивность древостоя особенно при сокращении осадков (исключая насаждения с богатым лиственным подлесочно-кустарниковым ярусом).

Таким образом, знак статистической зависимости радиального прироста на песчаных почвах от прямой солнечной радиации определяется использованием древостоем водно-минеральных ресурсов трихогоризонта и питающих грунтовых вод (плюс) или только омброгоризонта (минус).

Для сосны на осушенном верховом болоте выстраивается следующая цепь последовательно зависимых физических и физиологических процессов: возрастание поступления солнечной радиации → рост температуры воздушной среды и хвои → не полная обеспеченность эвапотранспирации влагой и минеральным питанием из-за физиологической сухости и анаэробиоза торфяно-болотной почвы → сокращение транспирации → обратная статистическая зависимость радиального прироста с прямой радиацией как начального звена этой цепи.

При потеплении климата после 1998 г. потребность во влаге, обеспечивающей фотосинтез у сосны на верховом болоте на мелиорированной территории Полесья не обострилась, условия для ее всасывания корневой системой, после осушительной мелиорации улучшились. Как следствие – прямая зависимость радиального прироста с осадками в месяцы с самым длинным фотопериодом (июнем и июлем) [21].

Как показало исследование, угнетение ели в приболотном экотопе на территории, на которой не выполнялась осушительная мелиорация,

не свидетельствует об оптимальных условиях ее произрастания на переувлажненной почве и экологическом благополучии. Приповерхностные грунтовые воды являлись и являются для нее лимитирующим фактором. Понижение грунтовых вод в «островных» локалитетах на территориях с осушительной сетью привело к улучшению лесорастительных условий, на что указывает увеличение ее радиального прироста [22].

Саморегуляция отношений ели и сосны с погодно-климатическими факторами при техногенном загрязнении воздушной среды и после осушительной мелиорации в Полесье через радиальный прирост стала более активной при по-

теплении климата после 1976 г. Дальнейшее потепление климата после 1998 г. (с позиций 1977–1998 гг.) явилось благоприятным фактором для этих древесных пород.

Полученные материалы могут служить информационной основой для принятия решений в области использования, воспроизводства и охраны лесных ресурсов Беларусь при непостоянстве климатических условий с учетом техногенного загрязнения воздушной среды и водно-земельных мелиораций и при подготовке специалистов в области охраны природы и природопользования.

Л и т е р а т у р а

1. **Бекетов, А. Н.** О влиянии климата на возрастание сосны и ели // Труды 1-го съезда естествоиспытателей в Петербурге. Отделение ботаники, 1868. – С. 111–163.
2. **Битвинская, Т. Т.** Дендроклиматические исследования. – Л., 1974.
3. **Киселёв, В. Н.** Белорусское Полесье: экологические проблемы мелиоративного освоения. – Минск, 1987.
4. **Чубанов, К. Д.** Природная среда в зоне влияния промышленных центров: сосновые леса Белоруссии / К. Д. Чубанов, В. Н. Киселев, А. В. Бойко. – Минск, 1989.
5. **Смоляк, Л. П.** Влияние рельефа на изменчивость радиального прироста сосны / Л. П. Смоляк, А. А. Болботунов, В. С. Романов // Дендрохронология и дендроклиматология : сб. ст. – Новосибирск, 1986. – С. 114–122.
6. **Петров, Е. Г.** Водный режим и продуктивность лесных фитоценозов на почвах атмосферного увлажнения. – Минск, 1983.
7. **Болботунов, А. А.** Мастерхронологии как эталоны динамики радиального прироста при мониторинге лесов в зональном аспекте / А. А. Болботунов, М. А. Васькович, Ю. А. Лесовой, А. Н. Пошелюк // Состояние и мониторинг лесов на рубеже XXI века : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 7–9 апреля 1998 г. – Минск, 1998. – С. 70–73.
8. **Русаленко, А. И.** Годичный прирост деревьев и влагообеспеченность / А. И. Русаленко. – Минск, 1986.
9. **Пугачевский, А. В.** Ценопопуляция ели: структура, динамика, факторы регуляции / А. В. Пугачевский. – Минск, 1992.
10. **Киселев, В. Н.** Экология ели / В. Н. Киселев, Е. В. Матюшевская. – Минск, 2004.
11. **Пугачевский, А. В.** Принципы и пути адаптации лесного хозяйства к изменению климата на примере Беларусь / А. В. Пугачевский // Леса Беларусь – Белорусское Поозерье : материалы XII Междунар. конф. молодых ученых, Беларусь – Литва, 30 сентября – 6 октября 2012 г. / Управление делами Президента Республики Беларусь, Министерство лесного хозяйства РБ. – Браслав – Ингалина, 2012.
12. **Ваганов, Е. А.** Система мониторинга лесов как основа их рационального использования и устойчивого развития / Е. А. Ваганов, Ф. И. Плешиков // Сиб. экол. журнал. – 1998. – Т. 5. № 1. – С. 3–8.
13. **Киселев, В. Н.** Региональные эдафические и климатические особенности Белорусского Полесья в изменчивости радиального прироста сосны / В. Н. Киселев, Е. В. Матюшевская, А. Е. Яротов, П. А. Митрахович // Природопользование. – 2014. – Вып. 25. – Минск, 2014. – С. 66–74.
14. **Киселев, В. Н.** Сравнительный анализ радиального прироста сосны и дуба на Белорусском полесье в условиях естественного режима грунтовых вод / В. Н. Киселев, Е. В. Матюшевская, А. Е. Яротов, П. А. Митрахович // Природопользование. – 2013. – Вып. 23. – Минск, 2013. – С. 83–93.
15. **Киселев, В. Н.** Ландшафтно-экологические исследования Белорусского Полесья / В. Н. Киселев, К. Д. Чубанов. – Минск, 1979.
16. **Киселев, В. Н.** Азональные лесные сообщества Белорусского Полесья с позиций учения о лесе Г. Ф. Морозова / В. Н. Киселев, Е. В. Матюшевская // Природные ресурсы Полесья: оценка, использование, охрана : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 8–11 июня 2015 г. В 2 ч. Ч. 1. – Минск, 2015. – С. 135–138.
17. **Матюшевская, Е. В.** Радиальный прирост ели в техногенно загрязненной воздушной среде Минска при изменяющихся климатических условиях / Е. В. Матюшевская // Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата : сб. науч. статей Междунар. научн. конф. Минск, 5–8 мая 2015 г. – Минск, 2015. – С. 294–296.
18. **Матюшевская, Е. В.** Дендроклиматический анализ изменчивости радиального прироста сосны в условиях техногенного загрязнения / Е. В. Матюшевская, В. Н. Киселев, А. Е. Яротов, П. А. Митрахович // Весці БДПУ. – 2015. – Серыя 3. № 1. – С. 21–25.

19. Киселев, В. Н. Климатические условия периода мелиоративного освоения Белорусского Полесья / В. Н. Киселев, Е. В. Матюшевская // Мелиорация. – 2016. – № 1(23). – С. 137–148.
20. Тимирязев, К. А. Жизнь растения. / К. А. Тимирязев ; 15-е издание – М., 1949.
21. Киселев, В. Н. Дендроклиматический мониторинг верховых болот Белорусского Полесья / В. Н. Киселев, Е. В. Матюшевская, А. Е. Яротов, П. А. Митрахович // Географические аспекты устойчивого развития регионов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Гомель, 23–24 апреля 2015 года. В 2-х частях. Часть 1. – Гомель, 2015. – С. 179–182.
22. Киселев, В. Н. Ельники Белорусского Полесья в современных климатических условиях / В. Н. Киселев, Е. В. Матюшевская, А. Е. Яротов, П. А. Митрахович // Мелиорация. – 2013. – № 1 (69). – С. 66–69.

¹Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка,

²Белорусский государственный университет

Поступила в редакцию 14.04.2016 г.

B. N. Киселев, E. V. Матюшевская, A. E. Яротов, P. A. Митрахович

**ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ПОНИМАНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ БЕЛАРУСИ**

Изложены результаты дендроклиматических исследований в 2011–2015 гг. Основные цели и задачи исследования заключались в выявлении реакции ели и сосны на изменчивость погодно-климатических условий при техногенном загрязнении воздушной среды в Минске и Могилеве и после осушительной мелиорации в Полесье. Выявлены экстремальные погодные условия усыхания ели в XX и XXI вв. на территории Беларуси. Установлены отношения радиального прироста ели и сосны с прямой фотосинтетически активной радиацией, температурой воздуха и осадками. Доказано, что современный уровень техногенного загрязнение воздушной среды в Минске и Могилеве не следует рассматривать в качестве лимитирующего фактора для состояния хвойных насаждений. Прослежено увеличение радиального прироста ели в «островных» локалитетах после осушительной мелиорации. Дальнейшее потепление климата после 1998 г. явилось благоприятным фактором для этих древесных пород.

V. N. Kisieliou, E. V. Matiushevskaya, A. E. Jarotou, P. A. Mitrachovich

**DENDROCLIMATIC RESEARCH FOR ENVIRONMENTAL PROBLEMS
UNDERSTANDING IN BELORUSSIAN FORESTRY**

The results of the dendroclimatic research in 2011–2015 are set out. The main aims and objectives of the study were to identify the reaction of spruce and pine in a variability of climatic conditions at condominium in Minsk and Mogilev and after land-drainage and reclamation in Polesia. The extreme weather conditions of spruce drying up in the XX and XXI centuries on the territory of Belarus. The relationships between the tree-green growth of spruce and pine and direct photosynthetically active radiation, air temperature and precipitation are established. It is proved that the current level of condominium in Minsk and Mogilev should not be considered as a limiting factor for the state of conifer plantations. The increase of the tree-ring growth of spruce in the "island" localities after drainage is traced. Further climate warming since 1998 was a favorable factor for these trees.

В. В. Селицкая, Е. В. Санец**ВЫНОС БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ РЕКОЙ БЕРЕЗИНОЙ (БАССЕЙН РЕКИ ДНЕПРА) И ЕГО АНТРОПОГЕННАЯ И УСЛОВНО-ПРИРОДНАЯ СОСТАВЛЯЮЩИЕ**

Рассмотрен вынос биогенных веществ (соединений азота и фосфора) речными водами с выделением его антропогенной и условно-природной составляющих. Проанализированы основные тенденции изменения выноса биогенных веществ р. Березиной в многолетней динамике и в разрезе отдельных фаз гидрологического режима для периода с 1984 по 2011 г.

В связи с интенсивным использованием водных ресурсов, усилением хозяйственной деятельности на водосборах рек и, как следствие, увеличением воздействия на речные воды большой интерес представляет изучение выноса химических веществ реками. Сведения о колебаниях многолетнего химического стока необходимы для решения вопросов, связанных с миграцией химических веществ, для составления их балансов в речных бассейнах, прогноза качества водных ресурсов и оценки эффективности водоохранных мероприятий [10].

В последние годы как в Беларуси, так и в других странах все большую актуальность приобретает необходимость решения проблемы загрязнения речных вод биогенными веществами (соединениями азота и фосфора). При этом наблюдения только за содержанием биогенных веществ в речной воде и оценка качества воды на основании существующих методик не дают четкого представления ни о характере антропогенного воздействия на речные воды, ни о его величине, что делает затруднительным выработку природоохранной стратегии и разработку водоохранных мероприятий [13]. В этой связи актуальным представляется исследование динамики многолетнего выноса биогенных веществ речными водами с выявлением его антропогенной и природной составляющих, что в определенной степени позволит установить причины и оценить последствия современной экологической обстановки, а также оценить эффективность сложившейся практики управления водными ресурсами и экологической политики в целом.

Анализ вклада антропогенных источников в загрязнение водной среды многих регионов, проведенный Б. Г. Скальским еще в 1980-е годы, показал, что наиболее трудно устранимым фактором загрязнения речных вод становятся не столько промышленные и коммунальные сточные воды, сколько диффузные источники поступления загрязняющих веществ (сельское хозяйство, мелиорация, применение удобрений и пестицидов, атмосферные осадки), действующие на водосборной площади [12]. В Беларуси к аналогичному заключению пришла Е. Г. Кольмакова,

проанализировав роль диффузных источников и урбанизированных территорий в формировании техногенных геохимических потоков в водной среде на примере рек бассейна Немана. Согласно исследованиям Е. Г. Кольмаковой, пик выноса речным стоком биогенных веществ, обусловленный интенсивным промышленным водоотведением и химизацией сельского хозяйства, для рек бассейна Немана пришелся на 1980-е годы. В этот период антропогенная составляющая выноса азота нитритного составляла 65 %, фосфора фосфатного – 75 %. В последующие годы наблюдалось ее уменьшение до 49 и 40 % соответственно [4]. Кроме того, в Беларуси существенная работа по изучению особенностей выноса химических веществ и его антропогенной составляющей проделана О. В. Кадацкой, А. Л. Жуховицкой, А. А. Хомичем, В. С. Хомичем, Е. В. Санец [3, 10, 14]. Особенностями поведения соединений азота (в том числе имеющего антропогенное происхождение) в окружающей среде Беларуси на протяжении долгого времени занималась М. П. Оношко [8].

В данной статье рассматривается динамика выноса биогенных веществ речными водами с выделением его антропогенной и условно-природной составляющих на примере р. Березины (бассейн р. Днепра). Для анализа использованы данные гидрохимического мониторинга для створа 5,0 км выше г. Бобруйска для периода с 1984 по 2011 г.

Для количественного определения вклада антропогенной составляющей в загрязнение водотока биогенным веществом возникает необходимость расчета величины суммарного выноса данного вещества водотоком. Расчет выноса вещества может быть осуществлен или отдельно для каждого месяца с использованием среднемесячных величин концентраций и расходов воды с последующим суммированием за год, или с помощью упрощенного приема – по среднегодовым значениям концентраций и расходов воды [1]. Согласно результатам ранее проведенных исследований некоторыми авторами [2, 4], разница в выносе вещества реками бассейна р. Днепра при расчете по среднемесячным и

среднегодовыми величинами составляла от 0,5 до 60 %, для рек бассейна р. Немана величина выноса при расчете по среднемесячным значениям оказалась на 13–19 % точнее, чем при расчете по среднегодовым значениям. Таким образом, в рамках данной статьи было решено осуществлять расчет выноса соединений азота и фосфора с использованием парных среднемесячных данных по расходам воды и содержанию биогенного вещества.

В связи с тем, что отбор проб воды не производили ежемесячно, при анализе суммарного выноса вещества за фазу водного режима весенний и зимний вынос рассчитывали как среднемесячный за соответствующую фазу, умноженный на 3 месяца фазы. Аналогичным образом рассчитывали летне-осенний вынос и умножали полученное значение на 6 месяцев перио-

да. Годовой вынос представлял собой сумму выноса за все фазы водного режима.

Результаты анализа показали, что для всех биогенных веществ наиболее интенсивный вынос наблюдался в период весеннего половодья, минимальным выносом характеризовалась летне-осенняя межень. Исключение составил только азот нитритный, для которого вынос в летне-осеннюю межень превышал аналогичный показатель зимней межени. Полученное соотношение среднемноголетнего выноса вещества в различные фазы водного режима в последовательности весеннеевесенне-зимняя межень–летне-осенняя межень имеет следующий вид: для азота аммонийного – 2,9 : 1,7 : 1,0; для азота нитритного – 1,8 : 1,0 : 1,4; для азота нитратного – 2,1 : 1,6 : 1,0; для фосфора фосфатного – 1,6 : 1,5 : 1,0; для фосфора общего – 1,6 : 1,1 : 1,0 (табл. 1).

Таблица 1. Вынос биогенных веществ р. Березиной (5,0 км выше г. Бобруйска) в различные фазы водного режима, 1984–2011 гг.

Биогенное вещество	Фаза водного режима	Единица измерения	Значение выноса биогенного вещества		
			минимальное	максимальное	среднее
Азот аммонийный	Год в целом	тыс. т/год	0,598	4,258	2,048
	Зимняя межень		24,0	337,7	174,6
	Весеннеевесенне-зимняя межень		25,5	875,1	299,3
	Летне-осенняя межень		18,9	204,4	104,3
Азот нитритный	Год в целом	тыс. т/год	0,036	0,330	0,141
	Зимняя межень		2,0	28,8	8,3
	Весеннеевесенне-зимняя межень		4,0	56,4	15,3
	Летне-осенняя межень		2,3	42,7	11,7
Азот нитратный	Год в целом	тыс. т/год	1,194	9,869	4,595
	Зимняя межень		22,4	880,3	432,6
	Весеннеевесенне-зимняя межень		85,6	1413,7	558,4
	Летне-осенняя межень		74,9	631,9	270,4
Фосфор фосфатный	Год в целом	тыс. т/год	0,034	0,811	0,385
	Зимняя межень		1,6	79,5	37,5
	Весеннеевесенне-зимняя межень		5,3	129,1	39,7
	Летне-осенняя межень		2,0	45,2	25,6
Фосфор общий	Год в целом	тыс. т/год	0,399	5,527	1,300
	Зимняя межень		26,9	411,4	99,8
	Весеннеевесенне-зимняя межень		35,6	770,1	145,8
	Летне-осенняя межень		28,6	409,6	94,0

Анализ многолетней динамики суммарного годового выноса азота аммонийного свидетельствует о том, что тенденция к росту данного показателя, характерная для периода с 1984 по 2011 г. (рис. 1), в основном обусловлена интенсификацией выноса вещества в период весеннеевесенне-зимняя межень. Суммарный вынос азота аммонийного за зимнюю и летне-осеннюю межень вносит соизмеримый вклад в годовую величину его выноса.

В динамике суммарного выноса азота нитритного, напротив, наблюдается планомерное снижение показателя на протяжении рассматриваемого периода, что связано с уменьше-

нием выноса вещества во все фазы водного режима. Однако следует отметить, что преимущественный вклад в суммарный годовой вынос азота нитритного практически на протяжении всего периода наблюдений вносит летне-осенняя соизмеримая.

Отчетливое увеличение годового выноса азота нитратного связано с интенсификацией выноса вещества во все фазы водного режима. Так, период с 2004 по 2011 г. характеризуется смещением минимальных значений показателя выноса в плоскость более высоких величин. При этом амплитуды колебаний выноса азота нитратного во все фазы водного режима минималь-

ны среди соединений азота и убывают в направлении весеннее половодье—летне-осенняя межень—зимняя межень.

В динамике выноса фосфора фосфатного также можно выделить два периода: 1984–2003 гг. – неустойчивый период с большой ам-

плитудой разброса значений выноса, характерного для каждой фазы в отдельности и для фаз относительно друг друга; 2004–2011 гг. – период относительно соизмеримых колебаний выноса вещества с наращением его минимального значения.

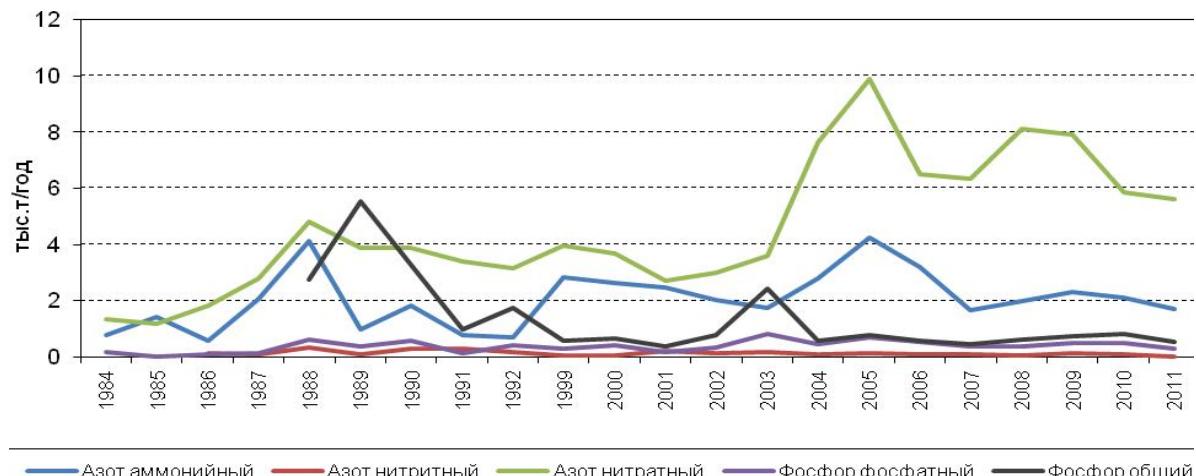


Рис. 1. Динамика годового выноса биогенных веществ р. Березиной, 1984–2011 гг.

Среди всех рассмотренных биогенных веществ наиболее благоприятная ситуация складывается в отношении фосфора общего, для которого характерно снижение общего выноса, сопровождаемое уменьшением амплитуды разброса значений в 8–11 раз, в период с 2004 по 2011 г. относительно более раннего периода.

Для количественной оценки антропогенной составляющей выноса растворенных веществ речными водами традиционно используют два метода: гидрохимического фона и «реперов». Оценку антропогенной составляющей выноса при использовании метода гидрохимического фона осуществляют путем сравнения величин выноса вещества за расчетный и условно-фоновый периоды с учетом поправки на водность [9]. Недостатком данного метода при оценке выноса биогенных веществ является большая погрешность величины антропогенной составляющей выноса при отсутствии устойчивой связи между гидрохимическими и гидрологическими параметрами в условиях техногенного воздействия. Вместе с тем ранее проведенные авторами исследования [11] показали, что выявление условно-фоновых периодов само по себе является весьма условным, поскольку для большинства створов ряды данных представлены относительно поздними годами наблюдений – периодом интенсивного техногенного воздействия и последующего спада нагрузки. Очевидно, что концентрации, полученные в этот период, далеки от естественных. Таким образом, более уместным для использования в рамках данного исследования является метод «реперов», позволяющий рассчитать антропогенную составляющую выноса биогенных веществ по соотношению минимальной за анализируемый период концентра-

ции вещества и соответствующей ему концентрации минерального растворенного кремния (парные измерения), выступающего в качестве «репера». Величины фоновых эмпирических коэффициентов (Si / N и Si / P) в речном стоке, не загрязненном антропогенными «добавками» азота и фосфора, постоянны и не зависят от колебаний водности [5, 6]. Режим кремния в речных водах до некоторой степени сходен с режимом биогенных веществ: уменьшение концентрации в вегетационный период и возрастание в осенний и зимний периоды [7].

Величину антропогенной составляющей выноса биогенных веществ речными водами рассчитывали как разницу между суммарным выносом вещества и его условно-природной составляющей по формуле [9]

$$W_A = W_{\Sigma} - Si / K_F,$$

где: W_A – антропогенная составляющая выноса биогенного вещества в расчетный период, тыс. т/год (т/мес.); W_{Σ} – суммарный вынос биогенного вещества в расчетный период, тыс. т/год (т/мес.); Si – вынос минерального растворенного кремния за расчетный период, тыс. т/год (т/мес.); K_F – фоновый коэффициент, отражающий стабильное в незагрязненном речном стоке в условно-фоновый период соотношение концентраций минерального растворенного кремния и биогенного вещества.

Результаты расчетов антропогенной и условно-природной составляющих выноса биогенных веществ водами р. Березины для различных фаз водного режима и для года в целом представлены в табл. 2.

**Таблица 2. Антропогенная и условно-природная составляющие выноса биогенных веществ
р. Березиной (5,0 км выше г. Бобруйска), 1984–2011 гг.**

Биогенное вещество	Фаза водного режима	Единица измерения	Значение выноса биогенного вещества		
			минимальное	максимальное	среднее
Азот аммонийный	Год в целом	тыс. т/год	<u>0,529</u> <u>0,069</u>	<u>4,022</u> <u>0,287</u>	<u>1,983</u> <u>0,158</u>
	Зимняя межень		<u>10,0</u> <u>4,4</u>	<u>359,6</u> <u>28,7</u>	<u>176,5</u> <u>13,9</u>
	Весеннее половодье		<u>19,7</u> <u>3,6</u>	<u>850,3</u> <u>35,9</u>	<u>293,8</u> <u>17,3</u>
	Летне-осенняя межень		<u>20,1</u> <u>4,5</u>	<u>154,2</u> <u>25,3</u>	<u>95,1</u> <u>10,1</u>
Азот нитритный	Год в целом	тыс. т/год	<u>0,029</u> <u>0,004</u>	<u>0,319</u> <u>0,015</u>	<u>0,135</u> <u>0,008</u>
	Зимняя межень		<u>1,7</u> <u>0,2</u>	<u>28,4</u> <u>1,5</u>	<u>7,9</u> <u>0,7</u>
	Весеннее половодье		<u>3,2</u> <u>0,2</u>	<u>55,9</u> <u>1,9</u>	<u>16,4</u> <u>0,9</u>
	Летне-осенняя межень		<u>1,9</u> <u>0,2</u>	<u>42,1</u> <u>1,3</u>	<u>11,2</u> <u>0,5</u>
Азот нитратный	Год в целом	тыс. т/год	<u>1,732</u> <u>0,104</u>	<u>9,515</u> <u>0,432</u>	<u>4,690</u> <u>0,238</u>
	Зимняя межень		<u>38,0</u> <u>6,7</u>	<u>856,4</u> <u>43,2</u>	<u>422,0</u> <u>20,9</u>
	Весеннее половодье		<u>48,5</u> <u>5,3</u>	<u>1359,7</u> <u>54,0</u>	<u>557,8</u> <u>26,1</u>
	Летне-осенняя межень		<u>41,1</u> <u>6,7</u>	<u>614,0</u> <u>38,0</u>	<u>261,5</u> <u>15,2</u>
Фосфор фосфатный	Год в целом	тыс. т/год	<u>0,081</u> <u>0,008</u>	<u>0,787</u> <u>0,032</u>	<u>0,396</u> <u>0,018</u>
	Зимняя межень		<u>8,6</u> <u>0,5</u>	<u>77,3</u> <u>3,2</u>	<u>37,2</u> <u>1,6</u>
	Весеннее половодье		<u>2,4</u> <u>0,4</u>	<u>126,4</u> <u>4,0</u>	<u>39,1</u> <u>1,9</u>
	Летне-осенняя межень		<u>4,4</u> <u>0,5</u>	<u>44,7</u> <u>2,8</u>	<u>25,6</u> <u>1,1</u>
Фосфор общий	Год в целом	тыс. т/год	<u>0,242</u> <u>0,064</u>	<u>5,463</u> <u>0,217</u>	<u>1,161</u> <u>0,139</u>
	Зимняя межень		<u>14,5</u> <u>4,1</u>	<u>415,1</u> <u>26,4</u>	<u>98,5</u> <u>12,8</u>
	Весеннее половодье		<u>19,2</u> <u>3,3</u>	<u>764,7</u> <u>33,0</u>	<u>128,0</u> <u>16,0</u>
	Летне-осенняя межень		<u>21,2</u> <u>4,1</u>	<u>404,3</u> <u>16,0</u>	<u>87,8</u> <u>8,6</u>

*В числителе указана антропогенная, а в знаменателе условно-природная составляющая выноса.

Анализ многолетней динамики показателей выноса азота аммонийного выявил отчетливое снижение его условно-природной составляющей в фазу весеннего половодья. Так, если в период с 1986 по 1993 г. вклад условно-природной составляющей выноса вещества в общий вынос составлял максимально 31 %, то в 1999–2011 гг. он не превышал 9 %, что свидетельствует об усилении техногенной нагрузки по азоту аммонийному на речные воды именно в весенний период. В фазы зимней и летне-осеннеей межени различимы циклические спады и подъемы условно-природной составляющей выноса в противовес динамике суммарного выноса вещества: чем выше суммарный объем выноса, тем ниже доля

его условно-природной составляющей. Вклад условно-природной составляющей, рассчитанный в среднем за весь период наблюдений, для различных фаз водного режима изменялся незначительно и составил для зимней межени – 12 %, летне-осеннеей межени – 11, весеннего половодья – 10 %. В среднем за год за весь период наблюдений величина условно-природной составляющей достигла около 8 %, изменяясь для отдельных лет периода от 4 до 16 %.

Наименьшая антропогенная обусловленность выноса азота нитритного наблюдалась в период зимней межени: вклад условно-природной составляющей в суммарный вынос вещества составлял преимущественно от 11 до

30 %. Вклад условно-природной составляющей в среднем за весь период наблюдений был максимальным для зимней межени (13 %) и снижался в период весеннего половодья (8 %) и летне-осеннеей межени (7 %). В среднем за год за весь период наблюдений условно-природная составляющая выноса азота нитритного составляла 8 %, изменяясь для отдельных лет от 2 до 20 %.

Отчетливый рост выноса азота нитратного в 2000-е годы обусловлен существенным увеличением вклада его антропогенной составляющей. Так, интенсификация выноса вещества в период зимней межени отмечена с 1994 г., в периоды весеннего половодья и летне-осеннеей межени – с 2004 г. Начиная с указанных лет, вклад условно-природной составляющей в суммарный вынос азота нитратного не поднимался выше 6 %, тогда как средняя многолетняя величина условно-природной составляющей за весь период наблюдений в летне-осеннюю межень составила 9 %, в фазу весеннего половодья и зимней межени – 7 %. В среднем за год за весь период наблюдений величина условно-природной составляющей выноса азота нитратного составляла около 6 %, изменяясь для отдельных лет от 3 до 15 %.

Наименее благоприятная ситуация на протяжении всего периода наблюдений складывается в отношении структуры выноса фосфора фосфатного. Так, доля условно-природной составляющей в суммарном выносе вещества в периоды зимней и летне-осеннеей межени за редким исключением составляла не выше 7 %. В период весеннего половодья до 2003 г. условно-природная составляющая выноса фосфора фосфатного еще могла возрастать до 55 %, а в более поздний период она уже не превышала 8 %. Среднемноголетний вклад условно-природной составляющей в общий вынос фосфора фосфатного за весь период наблюдений был максимальным в период весеннего половодья (11 %), а в периоды летне-осеннеей и зимней межени снижался вдвое – до 5–6 %. На долю условно-природной составляющей в среднем за год за весь период наблюдений приходилось около 5 %, а для отдельных лет эта величина изменялась от 2 до 20 %.

Значительный рост доли условно-природной составляющей в общем выносе вещества отмечен для фосфора общего. В фазы зимней межени и весеннего половодья в отдель-

ные годы этот показатель достигал 46 и 55 % соответственно, в фазу летне-осеннеей межени – 33 %. Среднемноголетний вклад условно-природной составляющей в суммарный вынос превалировал во время весеннего половодья (22 %) и снижался в зимний (19 %) и летне-осенний (16 %) меженные периоды. В среднем за год за весь период наблюдений величина условно-природной составляющей выноса фосфора общего равнялась 19 %, изменяясь для отдельных лет от 1 до 39 %.

Анализ многолетней динамики антропогенной составляющей выноса биогенных веществ р. Березиной в разрезе гидрологических сезонов выявил значительную вариабельность данного показателя в фазу весеннего половодья – 45–99 % (рис. 2, в). Относительно более устойчивыми периодами оказались летне-осенняя и зимняя межень со стабильно высокой долей антропогенной составляющей в суммарном выносе вещества – преобладали значения в диапазоне 54–99 % (рис. 2, б, г). Картина скомпенсированной динамики вклада рассматриваемого показателя в отдельные фазы гидрологического режима дает его распределение по годам: доля антропогенной составляющей выноса для всех биогенных веществ варьирует в узком диапазоне – 80–99 %. При этом, начиная с 1999 г., наблюдается снижение доли в б фосфора общего, имеющей антропогенное происхождение, до 60–92 % (рис. 2, а).

В целом для периода 1984–2011 гг. максимальный вклад антропогенной составляющей в суммарный вынос биогенных веществ в различные фазы водного режима достигал 96–99 %, минимальный характеризовался большим разбросом значений – 35–91 % (табл. 3). Наибольшей амплитудой колебаний вклада антропогенной составляющей характеризовался период весеннего половодья, когда разница между минимальными и максимальными ее значениями для отдельных биогенных веществ составляла от 20 (азот нитритный) до 54 % (фосфор фосфатный и фосфор общий). Период зимней межени характеризовался значительной контрастностью вклада антропогенной составляющей выноса по отношению к различным биогенным веществам. Так, например, если для фосфора фосфатного разница между минимальным и максимальным значениями составляла всего 7 %, то для азота аммонийного – 64 %.

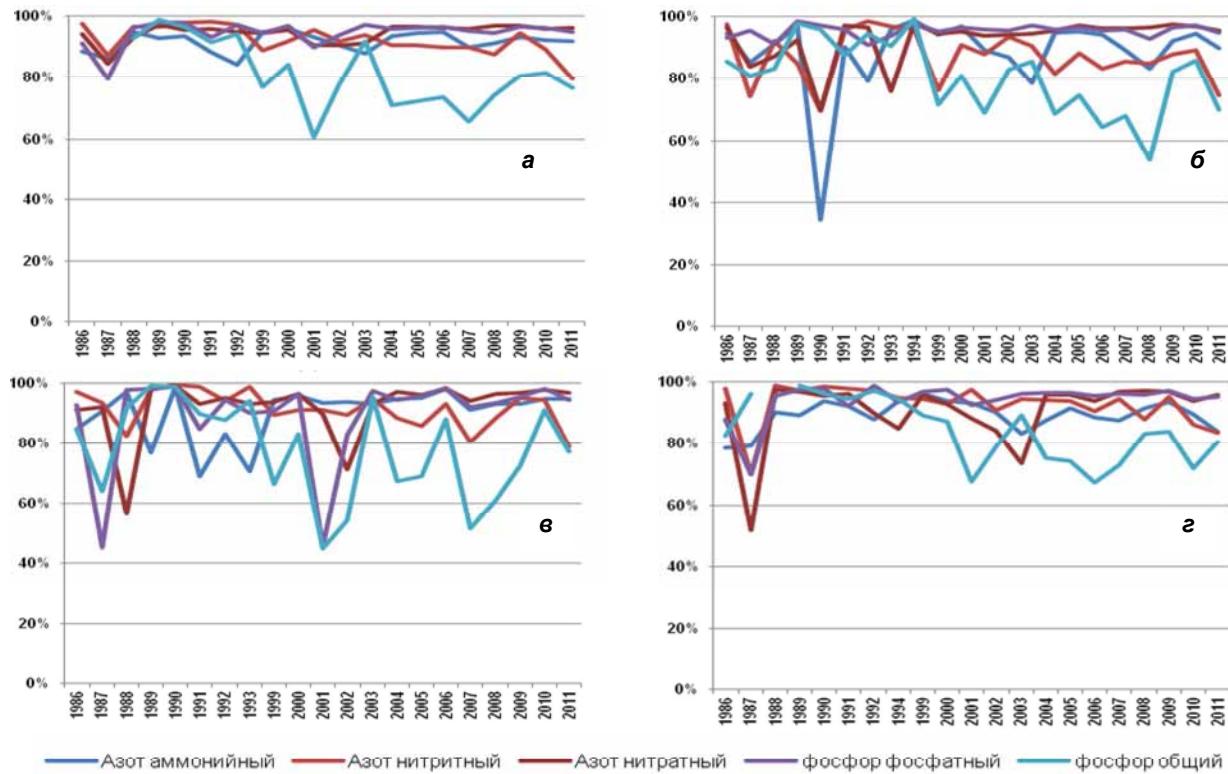


Рис. 2. Динамика антропогенной составляющей выноса биогенных веществ р. Березиной (5,0 км выше г. Бобруйска), 1984–2011 гг.: а – в целом за год; б – за фазу зимней межени; в – за фазу весеннего половодья; г – за фазу летне-осенней межени

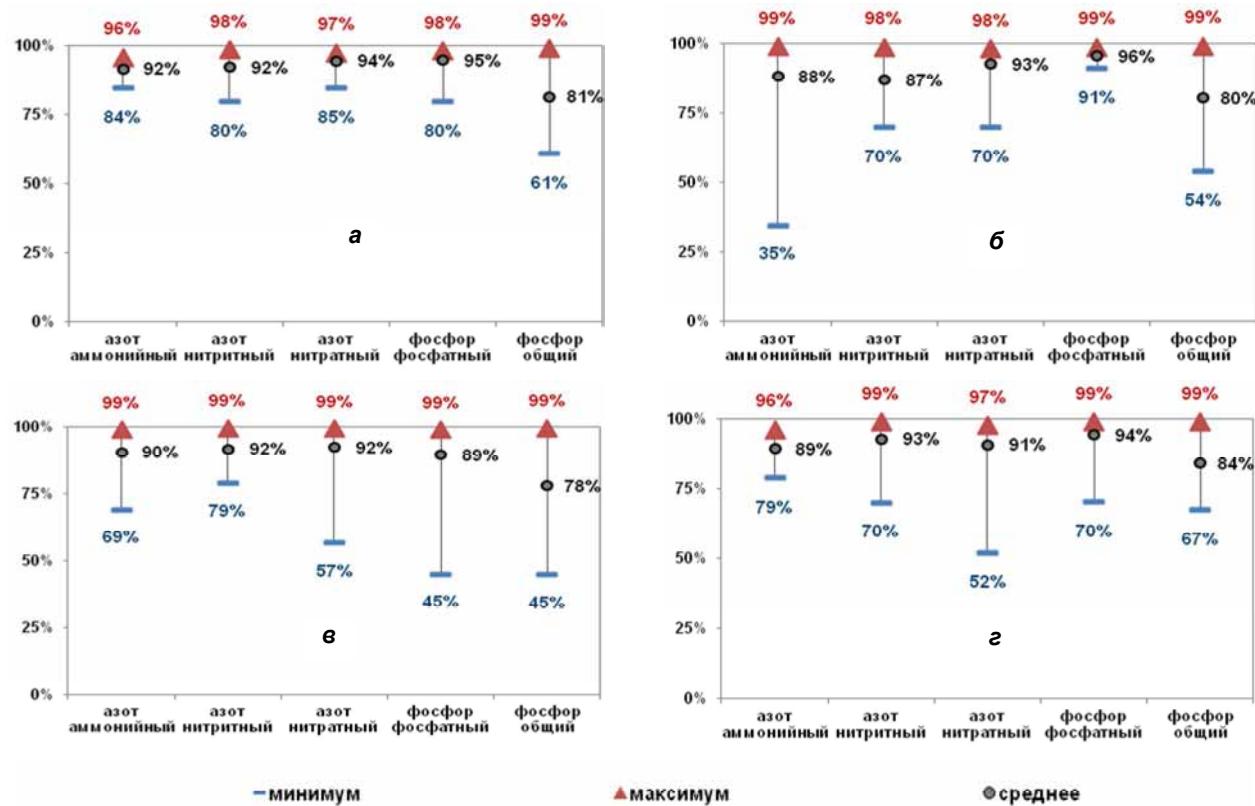


Рис. 3. Статистические характеристики антропогенной составляющей выноса биогенных веществ р. Березиной (5,0 км выше г. Бобруйска), 1984–2011 гг.: а – в целом за год; б – за фазу зимней межени; в – за фазу весеннего половодья; г – за фазу летне-осенней межени

Выводы

В период 1984–2011 гг. для азота аммонийного, азота нитратного и фосфора фосфатного выявлена тенденция к увеличению их выноса водами р. Березины. Для азота нитритного и фосфора общего характерно уменьшение объемов выноса.

На протяжении всего периода наблюдений минимальные различия между значениями выноса для всех биогенных веществ отмечены в период зимней межени, наибольший разброс величин выноса азота аммонийного, азота нитратного и фосфора фосфатного выявлен для фазы весеннего половодья, азота нитритного и фосфора общего – для фазы летне-осенней межени.

В рассматриваемый период наряду со снижением выноса фосфора общего наблюдается рост выноса фосфора фосфатного, что свидетельствует о перераспределении соотношения органической и неорганической формы фосфора в его общем выносе в пользу неорганической формы (фосфора фосфатного).

В многолетней динамике увеличение суммарного выноса каждого из рассмотренных биогенных веществ сопровождается ростом доли его антропогенной составляющей и, следовательно, снижением доли условно-природной составляющей. Соответственно, уменьшение суммарного выноса сопровождается увеличением доли условно-природной составляющей выноса вещества.

Среднемноголетний вклад условно-природной составляющей в общий вынос вещества за весь период наблюдений, исходя из полученных годовых величин выноса, максимальен для фосфора общего – 19 %, значительно ниже для азота аммонийного и азота нитритного – 8, минимальен для азота нитратного и фосфора фосфатного – 6 и 5 % соответственно.

В разрезе фаз гидрологического режима наиболее приближенным к природному в период зимней межени был вынос соединений азота (аммонийного и нитритного), во время весеннего половодья – соединений фосфора, в летне-осеннюю межень – азота нитратного.

Литература

1. Временные методические рекомендации по расчету выноса органических, биогенных веществ, пестицидов и микроэлементов речным стоком. – М., 1983.
2. Гриневич, А. Г. Гидрохимическая ситуация в бассейне р. Днепр / А. Г. Гриневич, Ю. Н. Емельянов, Е. Г. Кольмакова // Вестн. БГУ. Сер. 2, Химия, Биология, География. – 2003. – № 2. – С. 56–61.
3. Жуховицкая, А. Л. Об изменении химического стока рек бассейна Припяти / А. Л. Жуховицкая, О. В. Кадацкая // Докл. Акад. наук БССР. – 1980. – Т. 24, № 4. – С. 357–360.
4. Кольмакова, Е. Г. Антропогенные изменения стока растворенных веществ рек бассейна Немана / Е. Г. Кольмакова. – Минск, 2009.
5. Максимова, М. П. Критерии антропогенной эвтрофикации речного стока и расчет антропогенной составляющей биогенного стока рек / М. П. Максимова // Водные ресурсы. – 1979. – № 1. – С. 35–41.
6. Максимова, М. П. Критерии оценки антропогенных изменений и расчет антропогенной составляющей ионного стока рек / М. П. Максимова // Водные ресурсы. – 1985. – № 3. – С. 71–75.
7. Овчинникова, С. И. Основные тенденции изменения гидрохимических показателей водной экосистемы Кольского залива (2000–2011 годы) / С. И. Овчинникова, Т. А. Широкая, О. И. Пашкина // Вестник МГТУ. – Том 15, № 3: Естественно-технические и философские науки. – 2012. – С. 544–550.
8. Оношко, М. П. Азот и его минеральные формы в ландшафтах Беларуси / М. П. Оношко; Акад. наук БССР, Ин-т геохимии и геофизики. – Минск, 1990.
9. Пелешенко, В. И. Оценка взаимосвязи химического состава различных типов природных вод на примере равнинной части Украины / В. И. Пелешенко. – Киев, 1975.
10. Санец, Е. В. Вынос сульфатов рекой Березина и его антропогенная составляющая / Е. В. Санец, О. В. Кадацкая, В. С. Хомич // Природные ресурсы. – 2004. – № 4. – С. 20–25.
11. Селицкая, В. В. Разработка показателя качества поверхностных вод по биогенным веществам для целей их экологической оценки / В. В. Селицкая, Е. В. Санец // Природопользование. – 2015. – Вып. 27. – Минск, 2015. – С. 77–84.
12. Скакальский, Б. Г. Вынос соединений минерального азота с речных водосборов ЕТС в условиях современной хозяйственной деятельности / Б. Г. Скакальский, Л. Н. Меерович // Изучение процессов формирования химического состава природных вод в условиях антропогенного воздействия : материалы XXVIII Всесоюзного гидрохимического совещания, май 1984 г. – Ч. 1. – Л. : Гидрометеоиздат, 1987. – С. 149.
13. Фрумин, Г. Т. Оценка выноса фоновой биогенной нагрузки с водами контролируемых и неконтролируемых рек бассейна Балтийского моря / Г. Т. Фрумин, Е. В. Степанова // Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон : материалы V Междунар. конф., Санкт-Петербург, 7–9 июля 2009 г. – СПб., 2009. – С. 97.
14. Хомич, А. А. Изменение гидрохимии местного стока в условиях антропогенного воздействия / А. А. Хомич, О. В. Кадацкая // Докл. Акад. наук БССР. – 1983. – Т. 27, № 8. – С. 743–745.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 02.04.2016 г.

B. V. Селицкая, Е. В. Санец

**ВЫНОС БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ РЕКОЙ БЕРЕЗИНОЙ (БАССЕЙН РЕКИ ДНЕПРА)
И ЕГО АНТРОПОГЕННАЯ И УСЛОВНО-ПРИРОДНАЯ СОСТАВЛЯЮЩИЕ**

Рассмотрен вынос биогенных веществ (соединений азота и фосфора) речными водами с выделением его антропогенной и условно-природной составляющих. Проанализированы основные тенденции изменения выноса биогенных веществ р. Березиной в многолетней динамике и в разрезе отдельных фаз гидрологического режима для периода с 1984 по 2011 г. Выявлена восходящая тенденция выноса азота аммонийного, азота нитратного и фосфора фосфатного речными водами и нисходящая тенденция выноса азота нитритного и фосфора общего.

В многолетней динамике увеличение суммарного выноса каждого из рассмотренных биогенных веществ сопровождается ростом доли его антропогенной составляющей. Соответственно, уменьшение суммарного выноса сопровождается увеличением доли условно-природной составляющей выноса вещества. Среднемноголетний вклад условно-природной составляющей в общий вынос вещества за весь период наблюдений максимальен для фосфора общего – 19 %, значительно ниже для азота аммонийного и азота нитритного – 8, минимальен для азота нитратного и фосфора фосфатного – 6 и 5 % соответственно.

В разрезе фаз гидрологического режима наиболее приближенным к природному в период зимней межени был вынос соединений азота (аммонийного и нитритного), во время весеннего половодья – соединений фосфора, в летне-осеннюю межень – азота нитратного.

V. V. Selitskaya, E. V. Sanets

**BEREZINA RIVER NUTRIENTS FLOW AND ITS ANTHROPOGENIC
AND NEARLY NATURAL COMPONENT PARTS (DNIEPER RIVER BASIN)**

Results of investigations of the Berezina river nutrients flows (nitrogen and phosphorus compounds) are presented in the article. Anthropogenic and nearly natural components parts of the total flows are determined for each compound. A dynamic and trends of nutrients flows during the period from 1984 till 2011 for different phases of hydrological regime are considered. Rising trends of flows of ammonium nitrogen, nitrates and phosphates and downward trends of flows of nitrites and total phosphorus are revealed.

A growth of the total flow of each considered nutrient is accompanied by an increasing of the percentage of the anthropogenic component part of the total flow. Consequently, a reduction of the total flow is accompanied by an increase of the percentage of the nearly natural component part of the total flow. The average annual contribution of the nearly natural component part to the total flow for an entire period is maximal for total phosphorus – 19 %, is much lower for ammonium nitrogen and nitrates – 8 and minimal for nitrates and phosphates – 5–6 %.

During the period of winter low water, the most closest to a natural regime was the regime of ammonium nitrogen and nitrates, during spring floods – regime of phosphorus compounds, during the summer-autumn low water – regime of nitrates.

Е. П. Овчарова, Е. В. Санец, О. В. Кадацкая**СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ
(НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ)**

На примере городов Смолевичи, Жодино, Борисова и Минска оценено состояние водных объектов урбанизированных территорий, исходя из уровня химической нагрузки на них по биогенным веществам и основным макрокомпонентам. Выявлены участки водных объектов, для которых характерна гидрохимическая трансформация с превышением ассимиляционного потенциала.

Урбанизация является одним из основных факторов воздействия на качество водных ресурсов и состояние водных объектов [3]. В наибольшей степени подвержены воздействию водные объекты в городах и зонах их влияния в силу многофакторности воздействия и существенной трансформации водосборных территорий. Зачастую поступление загрязняющих веществ в водный объект превосходит его природную способность к самоочищению (превышает ассимиляционный потенциал), что приводит к гидрохимической трансформации и утрате водным объектом выполняемых им функций. Особенно актуальным это является для малых рек и водоемов.

В последние несколько лет в Беларуси отмечается повышение интереса к изучению водных объектов в городах и зонах их влияния, в том числе – в Минской области [1, 5–8]. Это связано с часто неудовлетворительным состоянием городских водоемов и малых рек и необходимостью проведения для них реабилитационных мероприятий с целью формирования благоприятной для жизни человека городской среды.

В данной статье приводится оценка состояния водных объектов урбанизированных территорий Минской области с учетом существующей химической нагрузки на них. Оценка воздействия на водные объекты выполнена на основании разработанных ранее шкал градации уровня химической нагрузки на водный объект по первичным индикаторам (азоту аммонийному, азоту нитритному, азоту нитратному, фосфору фосфатному и хлоридам) [4]. Для указанных индикаторов использована четырехбалловая шкала уровня нагрузки: 1 балл – слабая нагрузка, 2 балла – средняя, 3 балла – сильная, 4 балла – очень сильная нагрузка. Слабый и средний уровень нагрузки на водный объект не превышают его ассимиляционный потенциал и позволяют ему сохранять способность к самоочищению. Сильный и очень сильный уровень нагрузки, как правило, приводят к гидрохимической трансформации и загрязнению. Если сумма по пяти индикаторам превышает 10 баллов, можно говорить о

превышении ассимиляционного потенциала и фиксировать воздействие урбанизированной территории на водный объект, приводящее к его загрязнению.

В ходе полевых работ летом 2015 г. выполнено опробование водных объектов в городах Смолевичи, Жодино, Борисове и Минске, а также в зонах их влияния. На основании полученного материала проведена оценка гидрохимической трансформации вод с использованием выбранных ранее первичных индикаторов.

Река Плисса и ее притоки. Одним из интересных водных объектов для изучения является р. Плисса (правый приток р. Березина), на которую оказывают влияние такие города, как Смолевичи, Жодино и Борисов. Плисса протекает в Смолевичском и Борисовском районах. Ее длина составляет 64 км, площадь водосбора – 625 км². Основной приток – р. Черница, куда поступают сточные воды с очистных сооружений (ОС) г. Смолевичи. Во время проведения полевых исследований вода р. Черницы в 0,5 км ниже сброса очистных сооружений имела неприятный запах и беловатый мутный оттенок. Возле слияния с р. Плисса р. Черница в рельефе не выражена, русло заросло камышами, течение практически отсутствует. Русло р. Плиссы от истока до д. Яловица канализовано, на остальном протяжении извилистое, свободно меандрирует, однако практически полностью заросло тростником.

На территории г. Жодино в р. Плисса впадает р. Жодинка, которая в настоящее время представлена фрагментарно, частично закопана в трубу под дорогой (примерно 30 м). Ее русло выражено и маркируется растительностью. Берега сухие, заросшие ивой ломкой и другой растительностью. Течения нет, вода стоячая. В пределах г. Жодино р. Плисса находится в естественных берегах, вода цветет, река активно используется рыбаками. Ниже г. Жодино (д. Пересады) вода р. Плисса мутная, но не цветет. Дно реки заросшее.

Кроме того, р. Плисса принимает сток мелиоративных каналов, поступающий как с территории городов, так и с сельскохозяйственных

угодий. Одним из таких каналов является канал Плисский, который дренирует сельхозугодья и в который поступают сточные воды г. Жодино. Ниже г. Жодино канал зарос растительностью по берегам и руслу, доля свободной поверхности не превышает 10–15 % (растительность представлена ряской и рогозом), течение практически отсутствует. Мелиоративный канал по ул. Партизанской в частном секторе г. Смолевичи выполняет дренажную функцию, в него попадает сток с частных подворий. Канал зарос растительностью, неухожен, вода холодная, глубина небольшая, течение хорошо выражено.

Ниже микрорайона Печи г. Борисов р. Плисса имеет свободную водную поверхность около 80 % и нормальное течение, по берегам растут кубышки. Пойма реки в 1 км до впадения в р. Березина находится в естественном состоянии с буйной кустарниковой и луговой растительностью. Вода не цветет, водная поверхность свободная. Ширина реки – около 5 м, по берегам растут аир, камыш и т. д.

На р. Плисса созданы водохранилища Смолевичское и Жодинское.

Водохранилище Смолевичское: восточный и южный берега забетонированы, видны следы разрушения. Остальные берега насыпные. На северо-восточном берегу оборудован пляж и рекреационный комплекс. В канале, связанном с водохранилищем, вода стоячая, грязная.

Верхний бьеф водохранилища Жодинского (микрорайон Дымковка г. Жодино): берега

низкие, заболоченные, много водоплавающих птиц (уток и лебедей), у левого берега водохранилище зарастает. Водная поверхность почти на 100 % покрыта растительностью (тростником, ряской и т. д.).

Нижний бьеф водохранилища Жодинского (напротив ТЭЦ г. Жодино): по берегам наблюдаются неорганизованные места отдыха – костища, большое количество мусора. Имеются мостики для рыбалки. Растительность – тростник, белые кувшинки, кубышки, ряска. Ширина зарастания с берега – примерно 20 м.

В целом можно отметить, что от верховьев до г. Борисова на р. Плисса активно протекают процессы эфтрофирования, о чем свидетельствует заросшее русло реки, а доля покрытой растительностью водной глади достигает местами 100 %.

Содержание основных макрокомпонентов и биогенных веществ в воде изученных водных объектов в рассматриваемых городах приведено в табл. 1, из которой видно, что химический состав воды практически всех водных объектов городов Смолевичи, Жодино и Борисова является трансформированным, на что указывают концентрации хлоридов, магния, натрия и калия, превышающие установленные в конце 1970-х годов их природно-техногенные величины [2, 3], а содержание таких биогенных веществ, как азот нитритный, азот аммонийный и фосфор фосфатный зачастую превышает ПДК_{Р.Х.}

Таблица 1. Содержание основных макрокомпонентов и биогенных веществ в воде водных объектов в городах Смолевичи, Жодино, Борисов и в зонах их влияния в июле 2015 г.

Водный объект (место отбора)	рН	МГ/ДМ ³													
		HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Р фосф.	Минерализация	
р. Плисса (выше г. Смолевичи)	7,9	268,5	н.о.	21,3	7,8	1,04	0,02	0,04	44,1	26,8	7,0	1,6	0,03	381,7	
Водохранилище Смолевичское (г. Смолевичи)	8,9	134,2	18,0	33,7	2,1	0,23	0,01	0,33	32,1	17,0	10,0	3,6	0,06	252,2	
Водохранилище Великое (г. Смолевичи)	8,3	183,1	12,0	17,7	2,6	0,11	0,01	0,56	24,1	24,3	9,2	3,0	0,04	277,2	
Мелиоративный канал (по ул. Партизанской, 10, г. Смолевичи)	7,4	292,9	н.о.	31,9	5,5	1,15	0,33	1,40	56,1	21,9	17,0	5,4	0,42	438,7	
р. Плисса (ниже города с моста, г. Смолевичи)	8,1	244,1	6,0	26,6	4,0	1,40	0,32	0,23	24,1	34,1	11,9	1,8	0,09	360,0	
р. Черница (0,1 км выше сброса ОС)	7,6	244,1	н.о.	39,0	5,7	2,17	0,05	0,36	32,1	26,8	16,6	2,0	0,09	376,4	
р. Черница (0,5 км ниже сброса ОС)	7,6	402,7	н.о.	77,6	3,5	0,14	0,01	16,57	48,1	31,6	59,8	19,8	1,44	665,0	
р. Черница (до впадения в р. Плисса)	6,9	280,7	н.о.	35,5	3,7	0,18	0,01	0,47	56,1	19,2	7,4	1,1	0,03	404,3	
р. Плисса (д. Яловица)	7,3	292,9	н.о.	26,6	5,7	0,27	0,01	6,61	44,1	31,6	14,4	3,6	0,78	428,6	
р. Жодинка (до впадения в р. Плисса, г. Жодино)	7,6	244,1	н.о.	39,0	11,5	1,58	0,02	0,19	44,1	26,8	27,4	6,8	0,12	406,9	

Окончание табл. 1

Водный объект (место отбора)	рН	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	NO_2^-	NH_4^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Р фосф.	Мине- рализация
		мг/дм ³												
Водохранилище Жодинское (микрорайон Дымковка, г. Жодино)	7,2	280,7	н.о.	24,8	4,1	0,18	0,02	<u>4,04</u>	32,1	36,5	15,7	4,1	<u>0,30</u>	404,0
Водохранилище Жодинское (напротив ТЭЦ, нижний бьеф, г. Жодино)	7,4	262,4	н.о.	28,4	4,1	0,11	0,01	<u>0,47</u>	36,1	34,1	18,0	3,1	0,06	387,2
р. Плисса (д. Пересады ниже г. Жодино)	7,6	238,0	н.о.	31,9	4,1	1,49	0,06	0,26	36,1	21,9	24,4	4,4	<u>0,19</u>	367,9
Мелиоративный канал Плисский	7,2	231,9	н.о.	33,7	10,8	2,94	<u>0,36</u>	0,30	48,1	26,8	23,3	4,0	<u>0,41</u>	393,1
р. Плисса (ниже микрорайона Печи г. Борисова)	7,6	244,1	н.о.	33,7	3,6	0,86	0,02	0,22	40,1	24,3	25,2	4,0	<u>0,14</u>	379,1
р. Плисса (1 км до впадения в р. Березина)	7,6	238,0	н.о.	31,9	4,1	0,61	0,02	0,08	28,1	24,3	25,4	3,8	<u>0,09</u>	358,4
р. Березина выше впадения р. Плисса, микрорайон Юшкевичи)	7,8	225,8	н.о.	10,6	9,3	0,61	0,02	0,09	28,1	26,8	7,8	1,3	0,04	312,5
р. Березина (ниже впадения р. Плисса, около моста по М1)	7,8	219,7	н.о.	16,0	3,7	0,50	0,02	0,09	36,1	21,9	10,3	1,5	0,05	311,5
ПДК для водоемов рыболовного назначения	6,5–8,5	—	—	300,0	100,0	9,03	0,024	0,39	180,0	40,0	120,0	50,0	0,066	1000,0

Приимечание. Подчеркнуты концентрации биогенных веществ (соединений азота и фосфора), превышающие ПДК для водоемов рыболовного назначения.

Как указано выше, одним из первичных индикаторов нагрузки города на водный объект служат хлориды. Если рассматривать изменение содержания хлоридов в воде р. Плисса вниз по течению, то их концентрация соответствует природно-антропогенной величине ($19,2 \text{ мг/дм}^3$) только в верховьях реки выше г. Смолевичи

(рис. 1). Вниз по течению содержание хлоридов в воде р. Плисса постепенно увеличивается и достигает $31,9$ – $33,7 \text{ мг/дм}^3$, превышая природно-антропогенную величину в 1,6–1,7 раза. Содержание хлоридов в воде притоков р. Плисса еще выше – $39,0$ – $77,6 \text{ мг/дм}^3$ (в 2–4 раза выше природно-антропогенной величины).

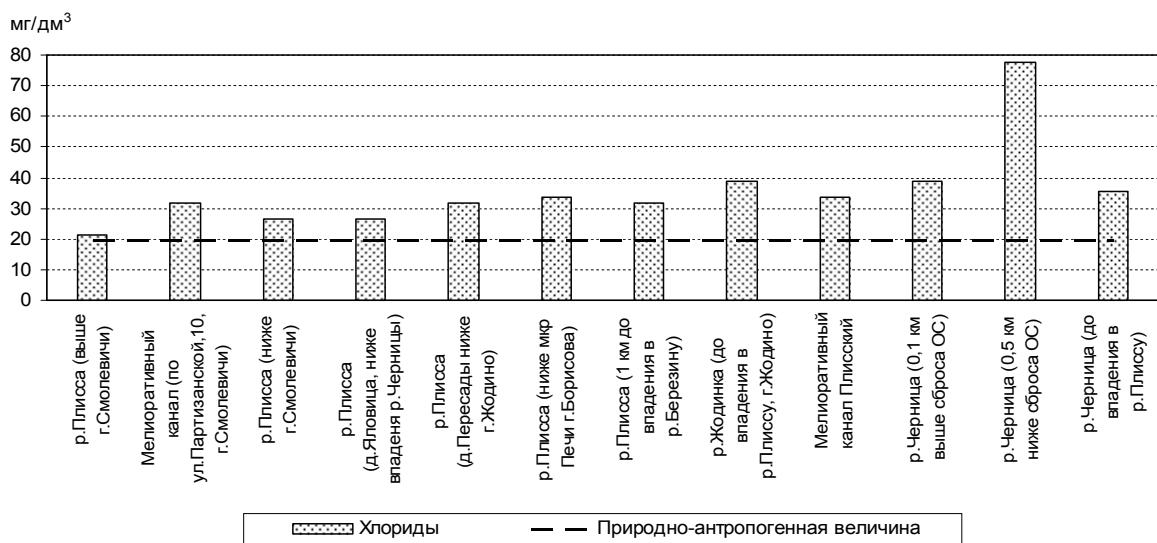


Рис. 1. Содержание хлоридов в воде р. Плисса и ее притоков в июле 2015 г.

На рис. 2–4 приведены концентрации биогенных веществ в воде р. Плисса и ее притоков.

Содержание азота нитритного выше ПДК зафиксировано в воде р. Плисса ниже городов Смолевичи (в 13,3 раза) и Жодино (в 2,5 раза). Кроме того, высокие концентрации азота нитритного выявлены в воде р. Черница выше сброса ОС (в 2,1 раза выше ПДК), а также в воде мелиоративного канала на территории г. Смолевичи (в 13,8 раза) и мелиоративного канала Плисского (в 15,0 раза) (рис. 2).

Превышения ПДК отмечены и для азота аммонийного: в воде р. Черница ниже сброса ОС – в 42,5 раза, в воде р. Плиссы ниже впаде-

ния р. Черницы – в 16,9 раза, в воде мелиоративного канала на территории г. Смолевичи – в 3,6 раза (рис. 3).

Фосфатная нагрузка на водные объекты изучаемых городов фиксируется по концентрациям фосфора фосфатного, устойчиво превышающим ПДК в воде практически всех изученных водотоков (рис. 4). Максимальные концентрации фосфора фосфатного в воде, как и для азота аммонийного, характерны для р. Черница ниже сброса ОС (в 21,8 раза выше ПДК), для р. Плисса ниже впадения р. Черница (в 11,8 раза выше ПДК) и для мелиоративного канала на территории г. Смолевичи (в 6,4 раза выше ПДК).

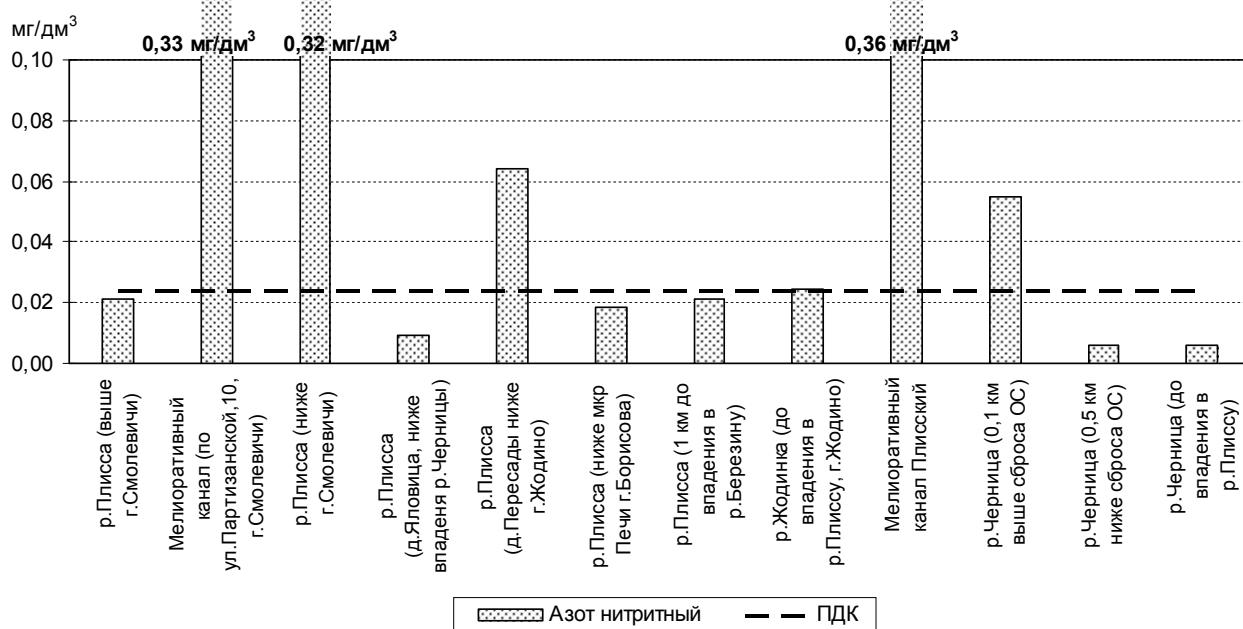


Рис. 2. Содержание азота нитритного в воде р. Плисса и ее притоков в июле 2015 г.

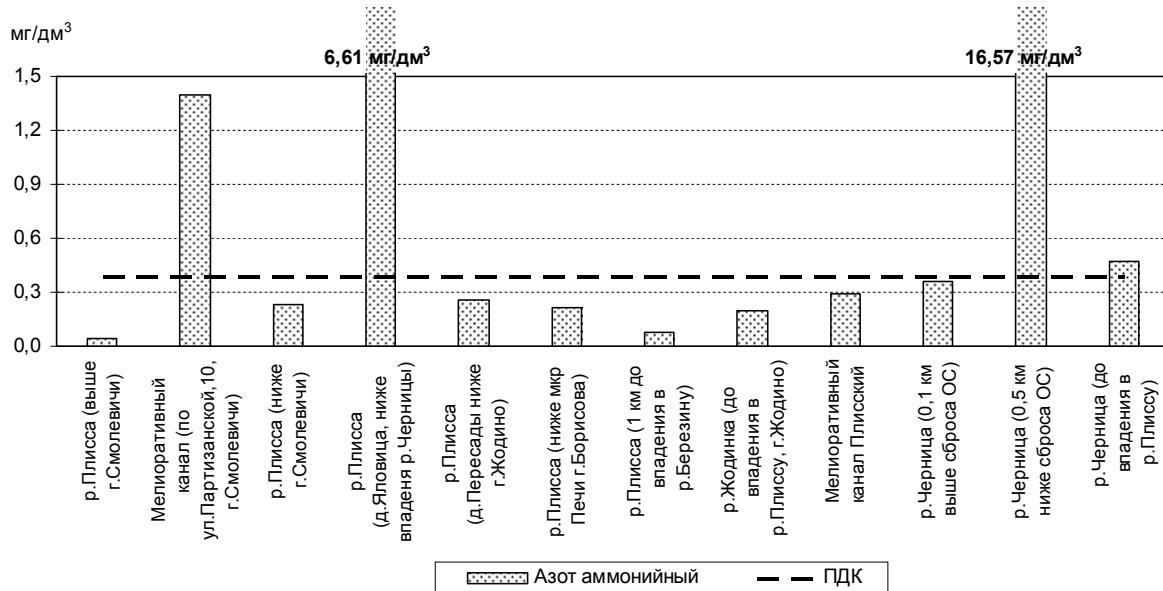


Рис. 3. Содержание азота аммонийного в воде р. Плисса и ее притоков в июле 2015 г.

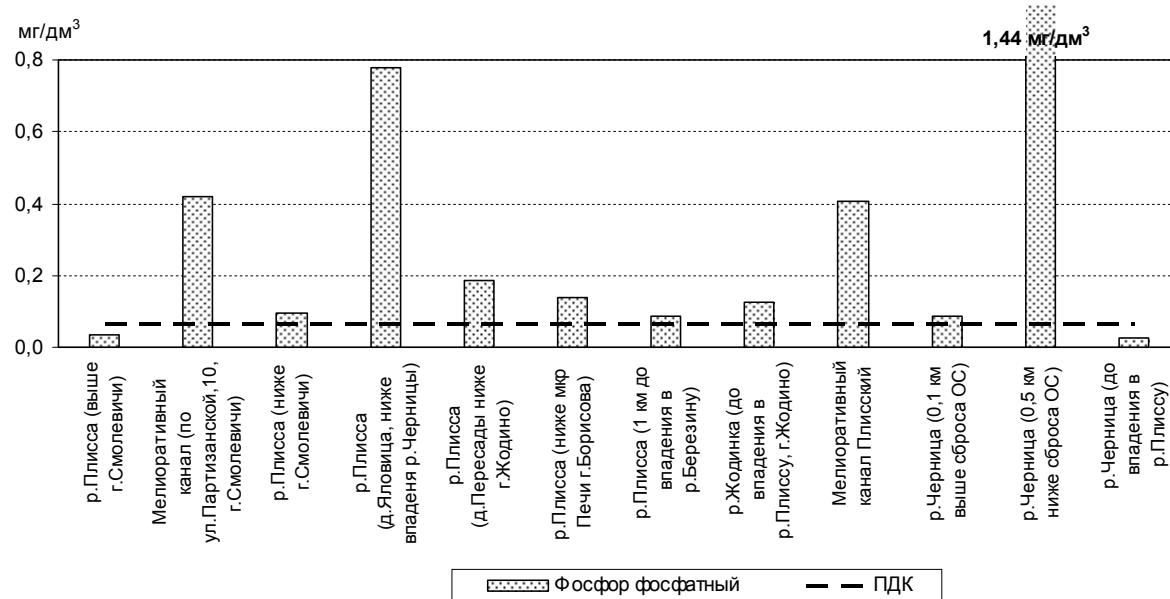


Рис. 4. Содержание фосфора фосфатного в воде р. Плиса и ее притоков в июле 2015 г.

Анализ химического состава воды водохранилищ Смолевичского, Великого (г. Смолевичи) и Жодинского (г. Жодино) показал, что наибольшее воздействие со стороны урбанизированных территорий испытывает на себе водохранилище Жодинское в верхнем бьефе (микрорайон Дымковка г. Жодино). Как было указано выше, здесь водная поверхность почти на 100 % покрыта растительностью, а концентрации азота аммонийного и фосфора фосфатного достигают 4,04 и 0,3 мг/дм³ (10,4 и 4,5 ПДК) соответственно, что свидетельствует об устойчивом процессе эфтрофирования. Высокое содержание азота аммонийного отмечено также в воде водохранилищ Великого (1,4 ПДК) и Жодинского в нижнем бьефе (1,2 ПДК).

Результаты балловой оценки гидрохимической трансформации водных объектов городов Смолевичи, Жодино и Борисова представлены в табл. 2, из которой видно, что практически все водные объекты городов Смолевичи, Жодино и Борисова испытывают нагрузку, превышающую их ассимиляционный потенциал. Исключение составили участок р. Плиса выше г. Смолевичи, водохранилища Смолевичское и Великое, участок р. Черница возле слияния с р. Плиса и водохранилище Жодинское в нижнем бьефе.

Наибольшую нагрузку (17 баллов) испытывает мелиоративный канал, расположенный в частном секторе г. Смолевичи, в который поступает поверхностный сток с частных подворий, и мелиоративный канал Плисский, который дrenирует сельхозугодья и в который сбрасываются сточные воды г. Жодино.

Высокую нагрузку (13–16 баллов) за счет городов испытывают р. Плиса ниже городов Смолевичи, Жодино и Борисова, р. Черница выше и ниже сброса ОС г. Смолевичи, а также водохранилище Жодинское в микрорайоне Дымковка г. Жодино (верхний бьеф).

Превышение ассимиляционного потенциала водных объектов указывает на то, что их природные возможные к самоочищению и восстановлению благоприятного экологического состояния уже исчерпаны. Для улучшения состояния данных водных объектов необходимо проведение специальных реабилитационных мероприятий [4].

Река Свислочь и ее притоки. На территории г. Минска в июле 2015 г. проведено гидрохимическое обследование объектов Слепянской водной системы, рек Мышка и Лошица, водохранилища Лошица и Чижовского. Кроме того, обследовалось состояние собственно р. Свислочь ниже впадения р. Лошица и ниже г. Минска, а также Осиповичского водохранилища. Содержание основных макрокомпонентов и биогенных веществ в воде изученных водных объектов приведено в табл. 3. Из нее видно, что в наименее трансформированном состоянии на территории города находится Слепянская водная система. На всем протяжении вода из нее достаточно чистая, а эстетический вид – приятный. Анализ химического состава воды показал, что концентрации как макрокомпонентов, так и биогенных веществ, находятся на уровне природно-антропогенных величин и значительно ниже ПДК (рис. 5–8).

Таблица 2. Балловая оценка гидрохимической трансформации водных объектов в городах Смолевичи, Жодино и Борисов и в зонах их влияния

Водный объект (место отбора)	Хло- риды	Азот нит- рат- ный	Азот нит- рит- ный	Азот ам- мо- ний- ный	Фос- фор фос- фат- ный	Сум- ма бал- лов	Ассимиляци- онный потенциал
р. Плисса (выше г. Смолевичи)	2	3	2	1	1	9	Не превышен
Водохранилище Смолевичское (г. Смолевичи)	3	1	1	2	2	9	Не превышен
Водохранилище Великое (г. Смолевичи)	2	1	1	3	2	9	Не превышен
Мелиоративный канал (по ул. Партизанской, 10, г. Смолевичи)	3	3	3	4	4	17	Превышен
р. Плисса (ниже города с моста, г. Смолевичи)	2	3	4	2	3	14	Превышен
р. Черница (0,1 км выше сброса ОС)	3	4	4	2	3	16	Превышен
р. Черница (0,5 км ниже сброса ОС)	4	1	1	4	4	14	Превышен
р. Черница (до впадения в р. Плисса)	3	1	1	3	1	9	Не превышен
р. Плисса (д. Яловица)	2	1	1	4	4	12	Превышен
р. Жодинка (до впадения в р. Плисса, г. Жодино)	3	3	2	1	3	12	Превышен
Водохранилище Жодинское (микрорайон Дымковка, г. Жодино)	2	1	2	4	4	15	Превышен
Водохранилище Жодинское (напротив ТЭЦ, нижний бьеф, г. Жодино)	2	1	1	3	2	9	Не превышен
р. Плисса (д. Пересады ниже г. Жодино)	3	3	4	2	4	16	Превышен
Мелиоративный канал Плисский	3	4	4	2	4	17	Превышен
р. Плисса (ниже микрорайон Печи г. Борисова)	3	2	2	2	4	13	Превышен
р. Плисса (1 км до впадения в р. Березина)	3	2	2	1	3	11	Превышен
р. Березина (выше впадения р. Плисса, микрорайон Юшкевичи)	1	2	2	1	2	8	Не превышен
р. Березина (ниже впадения р. Плисса, около моста по М1)	2	1	2	1	2	8	Не превышен

Таблица 3. Содержание основных макрокомпонентов и биогенных веществ в воде водных объектов в г. Минске и в зоне его влияния летом 2015 г.

Водный объект (место отбора)	рН	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	P	Мине- рализация
		мг/дм ³												
Слепянская водная система (верховья по ул. Седых, г. Минск)	8,5	183,1	24,0	21,3	9,6	0,11	0,01	0,17	24,1	29,2	10,2	2,7	0,04	304,8
Слепянская водная система (ул. Скорины, г. Минск)	8,3	158,7	24,0	21,3	5,4	0,11	0,01	0,04	24,1	29,2	10,6	2,8	0,03	276,5
Слепянская водная система (до водохранилища Чижовского, г. Минск)	8,4	170,9	24,0	28,4	5,7	0,16	0,01	0,04	24,1	29,2	15,2	3,5	0,02	301,6
Пруд в парке Павлова (ул. Космонавтов, г. Минск)	8,1	109,8	12,0	63,8	3,8	0,11	0,01	0,04	32,1	12,2	42,6	8,1	0,04	284,9
р. Мышка (устье, ниже сброса ПС из коллекторов Запад, Юго-Запад)	8,0	219,7	н.о.	39,0	4,8	0,34	0,19	0,78	20,0	31,6	24,0	5,4	0,04	347,7
Водохранилище Лошица (между ЖД путями и ул. Казинца, г. Минск)	7,6	244,1	н.о.	74,5	7,8	1,02	0,15	1,82	20,0	34,1	47,1	7,8	0,09	442,7
р. Лошица (ниже водохранилища Лошица, г. Минск)	7,8	231,9	н.о.	63,8	9,3	0,38	0,11	0,89	28,1	29,2	37,8	6,9	0,05	410,2

Окончание табл. 3

Водный объект (место отбора)	рН	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	NO_2^-	NH_4^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	P	Минерализация
		мг/дм ³												
р. Лошица (150 м выше впадения в р. Свислочь, г. Минск)	7,7	219,7	н.о.	67,4	8,5	0,90	0,12	0,08	28,1	29,2	43,5	7,2	0,03	408,0
р. Свислочь (ниже впадения р. Лошицы, г. Минск)	7,8	244,1	н.о.	67,4	12	0,97	0,11	0,12	28,1	34,1	52,5	6,6	0,06	449,5
Водохранилище Чижовское (нижний бьеф, г. Минск)	8,3	207,5	24,0	34,5	7,4	0,11	0,01	0,08	24,1	29,2	22,6	4,1	0,02	353,9
р. Свислочь (ниже г. Минска)	8,2	219,7	12,0	46,1	5,5	0,25	0,04	0,08	20,0	34,1	34,8	5,0	0,02	378,5
р. Свислочь (10 км ниже г. Минска, д. Королищевичи)	7,4	244,1	н.о.	56,7	12,7	0,16	0,36	0,46	44,1	24,3	46,4	10,6	0,17	441,4
Водохранилище Осиповичское (левый берег, д. Озерище)	8,1	231,9	6,0	49,6	7,0	2,60	0,05	0,23	44,1	26,8	45,8	9,2	0,44	432,3
ПДК для водоемов рыбно-хозяйственного назначения:	6,5–8,5	—	—	300,0	100,0	9,03	0,024	0,39	180,0	40,0	120,0	50,0	0,066	1000,0

Приимечание. Подчеркнуты концентрации биогенных веществ (соединений азота и фосфора), превышающие ПДК для водоемов рыбно-хозяйственного назначения.

Если рассматривать содержание хлоридов в воде как индикатор городской нагрузки, то их концентрации для большинства обследованных водных объектов на территории города достигают 56,7–74,5 мг/дм³, что в 3,0–3,8 раза выше природно-антропогенной величины (19,2 мг/дм³). Исключение составляет Слепянская водная система, в воде которой содержание хлоридов относительно невелико и колеблется в пределах 21,3–28,4 мг/дм³ (рис. 5).

Превышения ПДК для азота нитритного выявлено для рек Лошица (в 4,5–5,0 раза) и Мышка (в 7,9 раза), водохранилище Лошица (в 6,3 раза), а также на всем протяжении р. Свислочь ниже впадения р. Лошица до д. Королищевичи (ниже сброса Минской станции аэрации) (в 4,5–15,0 раза). Содержание азота нитритного в воде водохранилища Осиповичского также превышало ПДК (в 2 раза) (рис. 6).

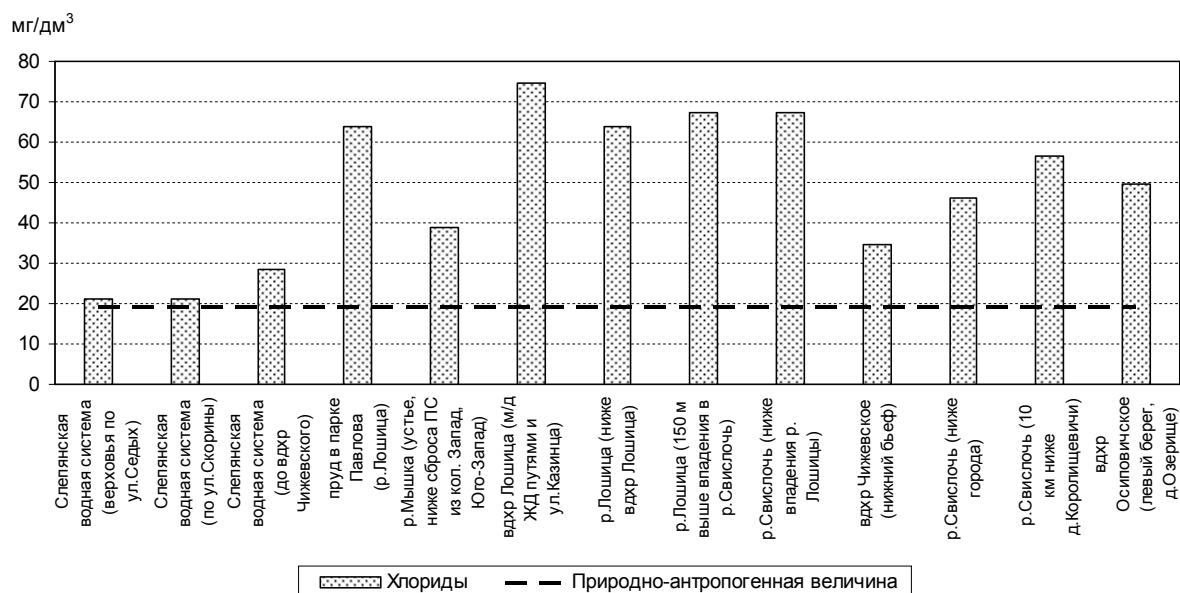


Рис. 5. Содержание хлоридов в воде водных объектов в г. Минске и в зоне его влияния в июле 2015 г.

Превышения ПДК отмечены и для азота аммонийного: для рек Мышка, Лошица и Свислочь (ниже сброса Минской станции аэрации) – в 1,2–2,2 раза, для водохранилища Лошица – в 4,7 раза (рис. 7).

Фосфатная нагрузка на водные объекты г. Минска фиксируется по концентрации фосфора фосфатного, превышающей ПДК, только для водохранилища Лошица и р. Свислочь ниже сброса Минской станции аэрации (д. Королищевичи) (рис. 8). Максимальная концентрация фосфора фосфатного в воде отмечена для водохранилища Осиповичского – 0,44 мг/дм³, или 6,7 ПДК.

В целом можно отметить, что в настоящее время на территории г. Минска малые водотоки

Мышка и Лошица подвергаются наибольшей нагрузке, что приводит не только к трансформации химического состава воды, но и к физической трансформации самих рек. Так, верховья р. Лошица (микрорайон Малиновка) представляют собой сухое русло. В районе ул. Космонавтов река преобразована в пруд (в парке Павлова). В результате строительства метро р. Лошица прервана около проспекта Дзержинского, ниже по течению (у ул. Ежи Гедройца) реки практически нет: пойма заросла лебедой, в русле стоит немного воды, но течение отсутствует, прилегающая территория и русло замусорены. На пересечении улиц Чурлениса и Каролинской остатки р. Лошица находятся в виде пруда.

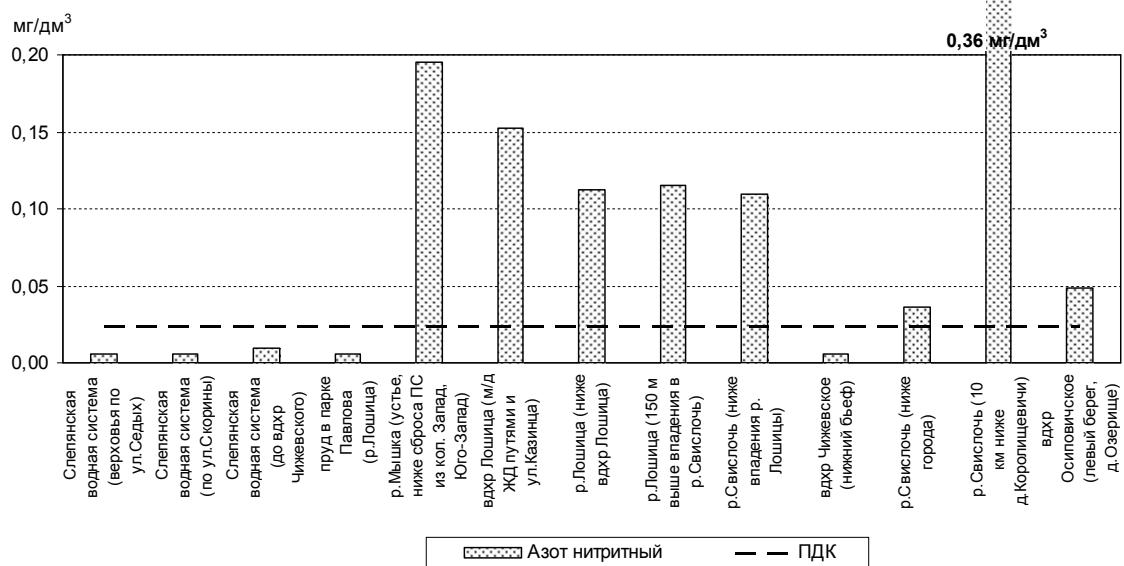


Рис. 6. Содержание азота нитритного в воде водных объектов в г. Минске и в зоне его влияния в июле 2015 г.

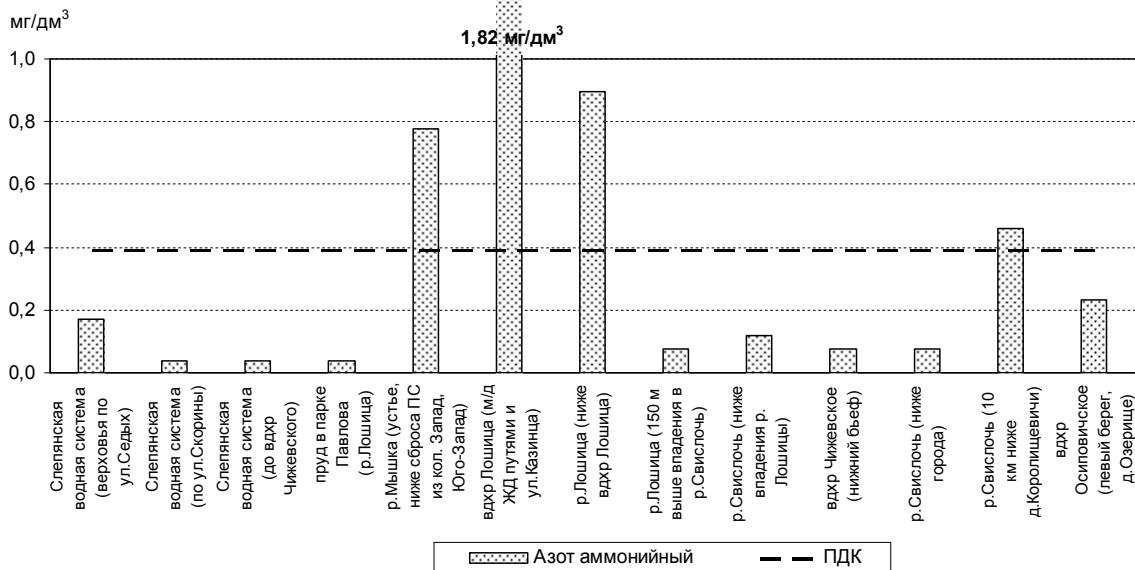


Рис. 7. Содержание азота аммонийного в воде водных объектов в г. Минске и в зоне его влияния в июле 2015 г.

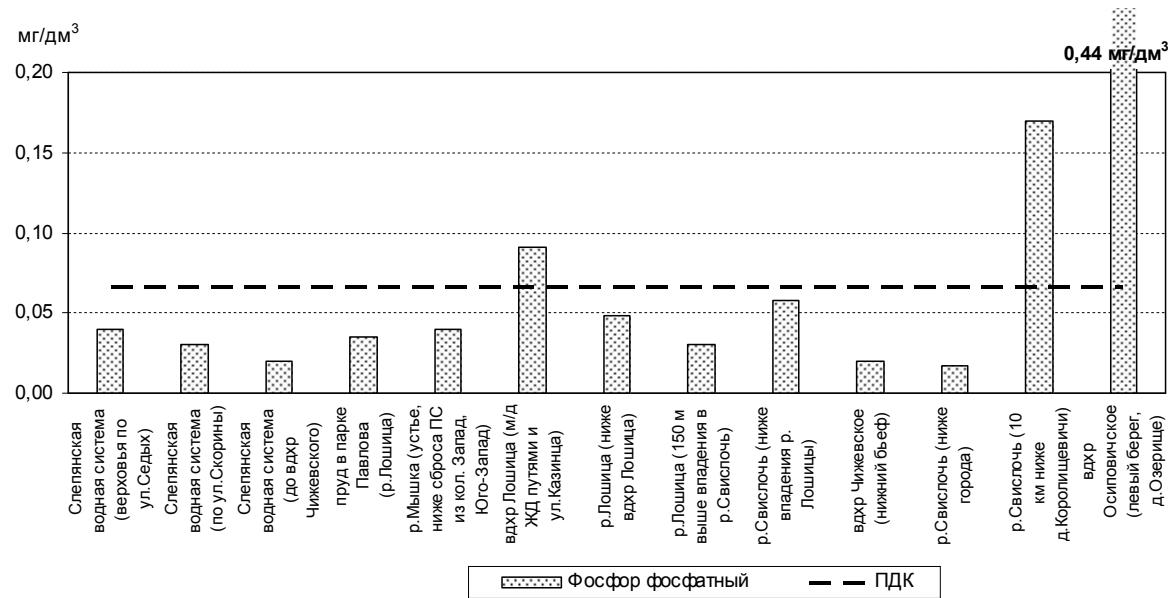


Рис. 8. Содержание фосфора фосфатного в воде водных объектов в г. Минске и в зоне его влияния в июле 2015 г.

Результаты оценки гидрохимической трансформации обследованных водных объектов в г. Минске и в зоне его влияния представлены в табл. 4, из которой видно, что наименьшую нагрузку на территории г. Минска испытывает Слепянская водная система. Суммарная балло-

вая оценка гидрохимической трансформации ее водных объектов на всем протяжении в г. Минске не превышает 7 баллов, что свидетельствует о способности водного объекта справляться с техногенной нагрузкой.

Таблица 4. Балловая оценка гидрохимической трансформации водных объектов в г. Минске и в зоне его влияния

Водный объект (место отбора)	Хлориды	Азот нитратный	Азот нитритный	Азот аммонийный	Фосфор фосфатный	Сумма баллов	Ассимиляционный потенциал
Слепянская водная система (верховья по ул. Седых, г. Минск)	2	1	1	1	2	7	Не превышен
Слепянская водная система (ул. Скорины, г. Минск)	2	1	1	1	1	6	Не превышен
Слепянская водная система (до водохранилища Чижовского, г. Минск)	2	1	1	1	1	6	Не превышен
Пруд в парке Павлова (ул. Космонавтов, г. Минск)	4	1	1	1	2	9	Не превышен
р. Мышка (устье, ниже сброса ПС из коллекторов Запад, Юго-Запад)	3	1	4	3	2	13	Превышен
Водохранилище Лошица (между ЖД путями и ул. Казинца, г. Минск)	4	2	4	4	3	17	Превышен
р. Лошица (ниже водохранилища Лошица, г. Минск)	4	1	4	4	2	15	Превышен
р. Лошица (150 м выше впадения в р. Свислочь, г. Минск)	4	2	4	1	1	12	Превышен
р. Свислочь (ниже впадения р. Лошица, г. Минск)	4	2	4	1	2	13	Превышен
Водохранилище Чижевское (нижний бьеф, г. Минск)	3	1	1	1	1	7	Не превышен
р. Свислочь (ниже г. Минска)	3	1	3	1	1	9	Не превышен
р. Свислочь (10 км ниже г. Минска, д. Королищевичи)	3	1	4	3	4	15	Превышен
Водохранилище Осиповичское (левый берег, д. Озерище)	3	4	4	2	4	17	Превышен

В состоянии, близком к границе превышения ассимиляционного потенциала (9 баллов), находятся пруд в парке Павлова (на р. Лошица) и р. Свислочь ниже г. Минска.

Наибольшую нагрузку (17 баллов) испытывают водохранилище Лошица и водохранилище Осиповичское, которое является барьером для загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами Минской станции аэрации.

Высокую нагрузку (12–15 баллов), превышающую ассимиляционный потенциал водотока, испытывают на себе реки Лошица и Мышка, а

также участок р. Свислочь на территории города и ниже выпуска Минской станции аэрации (д. Королищевичи).

Превышение ассимиляционного потенциала водных объектов указывает на то, что их природные возможности к самоочищению и восстановлению благоприятного экологического состояния уже исчерпаны. Для улучшения состояния данных водных объектов необходимо проведение специальных реабилитационных мероприятий [4].

Л и т е р а т у р а

- 1. Живнач, С. Г.** Оценка гидрохимического состояния пригородных рекреационных водохранилищ г. Минска / С. Г. Живнач // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов : труды Междунар. науч.-практ. конф. : в 4 т. – Пермь, 2011. – Т. II: Химический состав и качество вод. – С. 66–70.
- 2. Кадацкая, О. В.** Гидрохимическая индикация ландшафтной обстановки водосборов / О. В. Кадацкая. – Минск, 1987.
- 3. Ландшафтные воды в условиях техногенеза /** О. В. Кадацкая [и др.]. – Минск, 2005.
- 4. Овчарова, Е. П.** Геэкологические критерии для целей реабилитации водных объектов на урбанизированных территориях / Е. П. Овчарова, О. В. Кадацкая // Природопользование. – 2014. – Вып. 26. – Минск, 2014. – С. 25–30.
- 5. Романкевич, Ю. А.** Влияние нормативно очищенных сточных вод г. Несвижа на химический состав вод р. Уши / Ю. А. Романкевич // Весці Нац. акад. навук Беларусі, Сер. хім. науک [прил. к журн.]. – 2014. – Ч. 1. – С. 86–90.
- 6. Романкевич, Ю. А.** Комплексная эколого-геохимическая оценка состояния водных объектов малого города Беларусь (на примере г. Несвижа) / Ю. А. Романкевич // Природопользование. – 2015. – Вып. 27. – Минск, 2015. – С. 85–94.
- 7. Романкевич, Ю. А.** Эколого-геохимическая оценка технологических водоемов в малых городах Беларусь / Ю. А. Романкевич // Природопользование. – 2014. – Вып. 25. – Минск, 2014. – С. 98–107.
- 8. Струк, М. И.** Геэкологическая оценка пригородных водохранилищ Минска / М. И. Струк, С. Г. Живнач, Г. М. Бокая // Природопользование. – 2013. – Вып. 23. – Минск, 2013. – С. 48–55.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 28.04.2016 г.

E. П. Овчарова, Е. В. Санец, О. В. Кадацкая

СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Проведенные гидрохимические исследования в городах Минск, Смолевичи, Жодино и Борисов и в зонах их влияния показали, что химический состав воды практически всех водных объектов городов является трансформированным: концентрации макрокомпонентов, как правило, превышают установленные в конце 1970-х годов природно-техногенные величины, а концентрации таких биогенных веществ, как азот нитритный, азот аммонийный и фосфор фосфатный зачастую превышают ПДК.

На территории г. Минска и в зоне его влияния наибольшую нагрузку (17 баллов) испытывает водохранилище Лошица и водохранилище Осиповичское, которое является барьером для загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами Минской станции аэрации. Высокую нагрузку (12–15 баллов), превышающую ассимиляционный потенциал водотока, испытывают на себе реки Лошица и Мышка, а также участок р. Свислочь на территории города и ниже выпуска Минской станции аэрации.

Практически все водные объекты городов Смолевичи, Жодино и Борисова испытывают нагрузку, превышающую их ассимиляционный потенциал. Наибольшую нагрузку (17 баллов) испытывает мелиоративный канал, расположенный в частном секторе г. Смолевичи, в который по-

ступает поверхностный сток с частных подворий, и мелиоративный канал Плисский, который дренирует сельхозугодья и в который сбрасываются сточные воды г. Жодино. Высокую нагрузку (13–16 баллов) испытывают р. Плиса ниже городов Смолевичи, Жодино и Борисова, р. Черница выше и ниже сброса очистных сооружений г. Смолевичи, а также водохранилище Жодинское в микрорайоне Дымковка г. Жодино (верхний бьеф).

Превышение ассимиляционного потенциала водных объектов указывает на то, что их природные возможности к самоочищению и восстановлению благоприятного экологического состояния уже исчерпаны. Для улучшения состояния данных водных объектов необходимо проведение специальных реабилитационных мероприятий.

E. P. Ovcharova, E. V. Sanets, O. V. Kadatskaya

**AN ASSESSMENT OF EFFECTS ON WATER BODIES OF URBAN AREAS
(ON AN EXAMPLE OF MINSK AREA CITIES)**

Hydrochemical research in Minsk, Smolevichi, Zhodino and Borisov have shown the significant transformation of chemical composition of the most water bodies: concentrations of the main ions generally exceed the natural values which have been established in 1970s; concentrations of ammonium nitrogen, nitrates and phosphates often exceed the maximal permissible concentrations.

In Minsk city and in its influence area reservoirs Loshitsa and Osipovichskoe are experiencing the greatest anthropogenic load (17 points). Osipovichskoe reservoir is a barrier to contaminants which drains into the Svisloch river from the wastewater treatment plant (Minsk aeration station). Loshitsa and Myshka rivers are experiencing the high load (12–15 points) which exceeds the carrying capacity of the watercourses. The similar load is a characteristic of the parts of Svisloch river on the territory of Minsk and downstream of the wastewater treatment plant.

Almost all water bodies in Smolevichi, Zhodino and Borisov are experiencing the load which exceeds their carrying capacity. The highest load (17 points) is a characteristic of the drainage canal on the territory of the residential area of Smolevichi and drainage canal Plisskiy. Drainage canal in Smolevichi receives surface runoff from the residential area, canal Plisskiy receives wastewater of Zhodino city and runoff from agricultural lands. The high load (13–16 points) is a characteristic of the Plissa river downstream of Smolevichi, Zhodino and Borisov cities, Chernitsa river upstream and downstream of the wastewater treatment plant of Smolevichi and headrace of reservoir Zhodinskoe in Dymkovka district of Zhodino.

An exceeding of the carrying capacity of water bodies indicates the depletion of their natural opportunities for self-purification and recovery of good ecological status. To improve the state of water bodies it is necessary to carry out special rehabilitation.

УДК 504.05.06:711.4

**И. С. Зекцер¹, О. А. Каримова¹, М. М. Черепанский²,
Н. М. Томина³, О. Г. Савич-Шемет³**

РОЛЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ФОРМИРОВАНИИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БАССЕЙНА РЕКИ ЗАПАДНОЙ ДВИНЫ

Рассматриваются вопросы оценки роли подземного стока в водных ресурсах бассейна р. Западной Двины. Показано, что основными факторами, влияющими на условия формирования подземного стока, являются в первую очередь климатические, геоморфологические и гидролого-гидрогеологические условия региона. Поскольку оценка условий формирования подземного стока в реки выполняется по доле участия основных водоносных горизонтов, показано, что оценку изменения подземного потока, разгружающегося в реку при отборе подземных вод, необходимо выполнять для основных водоносных горизонтов.

Введение. Тесная взаимосвязь подземных и поверхностных вод определяет необходимость изучения основных факторов, влияющих на условия формирования такого взаимодействия, а также определения роли подземных вод в водном балансе отдельных речных бассейнов. Решение такой проблемы позволяет в долгосрочном планировании охарактеризовать и обосновать рациональное использование водных ресурсов (поверхностных и подземных вод), а также спрогнозировать возможные изменения в режиме поверхностных и подземных вод в процессе их интенсивной эксплуатации.

Подземный водообмен между отдельными речными бассейнами определяется в первую очередь особенностями их гидрогеологического строения, что приводит к формированию глубокого подземного стока в водоносных комплексах и горизонтах, не испытывающих дренирующего воздействия гидрографической сети. Так, например, подземный водообмен между отдельными речными бассейнами может быть результатом несовпадения границ поверхностного и подземного водосбора или же наличием подруслового стока.

Природно-климатические и гидролого-гидрогеологические условия бассейна р. Западной Двины. Бассейн р. Западной Двины занимает площадь 87,9 тыс. км^2 и граничит на юге с бассейнами рек Лиелупе, Немана и Днепра по Литовско-Белорусской возвышенности, на востоке – с бассейном реки Волги по Смоленско-Московской гряде и Валдайской возвышенности, а на севере – с бассейнами рек Ловати и Великой по Невельско-Городокским высотам (рис. 1).

Общая протяженность р. Западной Двины составляет 1020 км, из них 325 км приходится на Российскую Федерацию, 328 км – на Бела-

русь и 367 км – на Латвию. Река Западная Двина берет начало на Валдайской возвышенности в Андреапольском районе Тверской области в нескольких километрах от озера Охват и впадает в Рижский залив, образуя эрозионную дельту у бывшего острова Мангальсала.

Долина р. Западной Двины имеет трапециoidalную форму, местами глубоко врезанную или невыразительную. Ширина долины в верхнем течении – до 0,9 км, в среднем 1,0–1,5 км. Пойма преимущественно двусторонняя; русло умеренно извилистое, слабо разветвленное, местами с порогами. Преобладающие уклоны р. Западной Двины составляют 0,0001–0,0002. Коэффициент густоты речной сети в верхней части бассейна р. Западной Двины (до г. Полоцка) составляет не более $0,27 \text{ км}/\text{км}^2$.

Климатические условия бассейна р. Западной Двины неоднородны и определяются прежде всего влиянием Балтийского моря. Так, на востоке бассейна климат умеренно-континентальный, а по мере продвижения к Балтийскому морю он меняется на переходный, континентально-морской и морской. Во все сезоны года преобладают западные ветры (атлантические), в связи с чем зима на западе теплее чем на востоке, а лето наоборот. Бассейн реки расположен в области избыточного увлажнения. Питание р. Западной Двины и ее притоков преимущественно смешанное, с преобладанием снегового (50 %) и грунтового (30 %). Средний расход воды – $545 \text{ м}^3/\text{сек}$. Особенностью режима является высокое весеннее половодье, низкая летняя межень с частыми дождовыми паводками и устойчивая зимняя межень. На период весеннего половодья приходится 56 % годового стока, на летне-весеннюю и зимнюю межень – 33 и 11 % соответственно. Весеннее половодье длится с конца марта до начала июня,

зимняя межень – с декабря до середины марта, но в отдельные годы наблюдаются паводки, вызванные оттепелями [10].

Рельеф бассейна р. Западной Двины неровный, холмистый и на многих участках резко эрозионный. Абсолютные отметки местности на Валдайской возвышенности достигают 250–300 м, а в долинах рек они составляют обычно 120–150 м. В целом для территории характерен моренный ландшафт. В верхнем течении р. Западная Двина протекает среди конечномо-

ренных гряд и возвышенностей, разделенных неглубокими понижениями [9]. В Тверской и Смоленской областях по берегам р. Западной Двины встречаются обнажения слоев каменноугольной системы (известняки, налегающие на пески и песчаники). Далее местность делается все более и более песчаной и, наконец, не доходя 10–13 км до г. Витебска, показываются коренные породы (доломиты с прослойками синей глины), в особенности в русле реки, с великолепно сохранившимися окаменелостями [3].

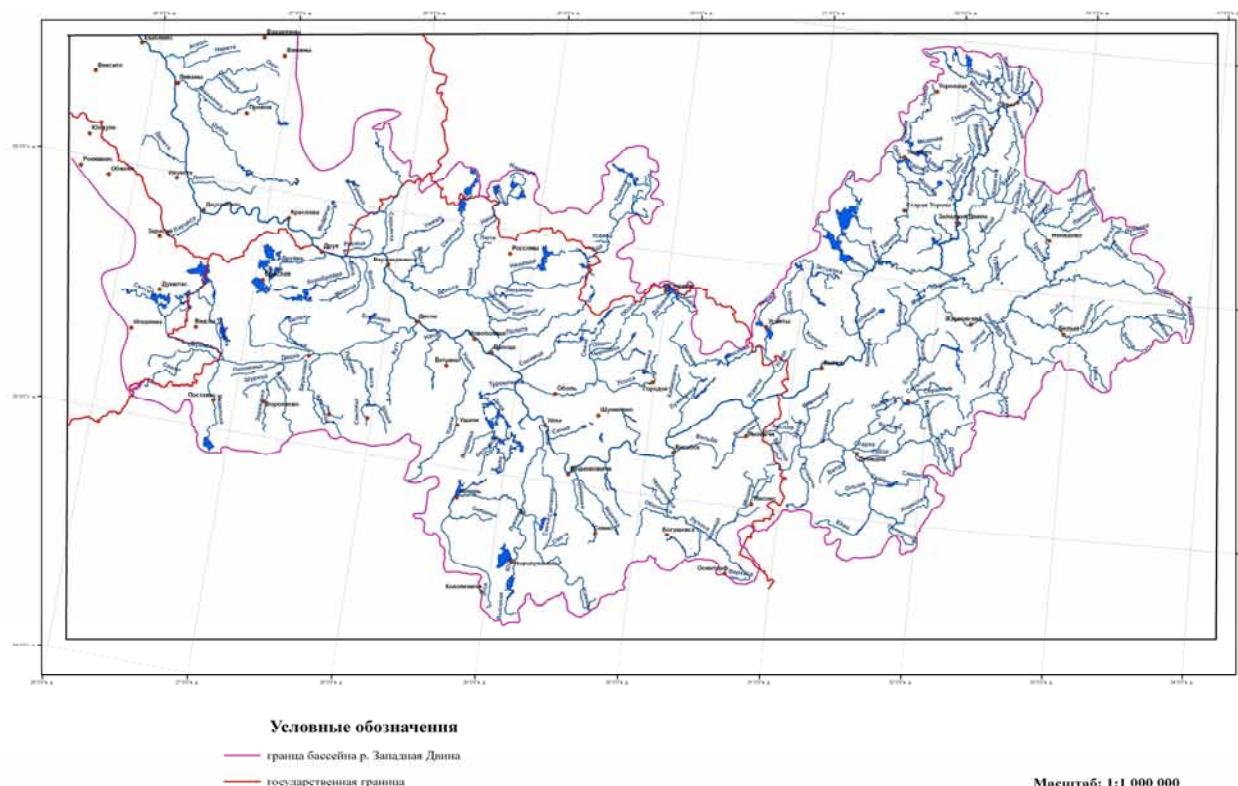


Рис. 1. Обзорная карта-схема бассейна р. Западной Двины

Основными притоками р. Западной Двины на территории России и Беларуси являются реки Велеса, Межа, Торопа, Усвича, Черногузка, Улла, Нетесьма, Каспля, Ушача, Дисна, Волката, Лучоса, Оболь, Полота, Дрисса, Дубна.

В гидрогеологическом отношении бассейн р. Западной Двины расположен в пределах Прибалтийского и Московского артезианского бассейнов, условно разделяемых приподнятыми участками Латвийской седловины [1, 2].

Все подземные воды в пределах дренирующего воздействия речной сети, гидравлически связаны между собой ввиду отсутствия выдержанного регионального водоупора. Основными водоносными горизонтами, распространяющими

ся в бассейне р. Западной Двины, являются четвертичные, среднекаменноугольные, нижнекаменноугольные, верхнедевонские и среднедевонские отложения.

Четвертичный водоносный комплекс. Данный комплекс представлен аллювиально-озерно-болотными, флювиогляциальными отложениями. Современные аллювиально-озерно-болотные отложения развиты в пределах бассейна р. Западной Двины и представлены различными генетическими типами.

Болотные отложения представлены преимущественно торфами мощностью до 7–10 м, уровень грунтовых вод залегает на глубине до 3,5 м и глубже. В зависимости от степе-

ни разложения коэффициент фильтрации варьирует от 0,3 (хорошо разложившиеся торфяники) до 5,1 м/сут. (слаборазложившиеся торфяники). Воды болотных отложений изменяются от ультрапресных (0,02 г/л) до пресных (0,5 г/л). Практического значения водоносный горизонт болотных отложений не имеет.

Аллювиальные отложения развиты в пределах пойм рек и надпойменных террас и представлены разнозернистыми песками с включением пылевато-глинистых отложений, а также гравийно-галечниковых отложений в основании горизонтов. Часто в толщах песчаных отложений встречаются линзы супесей, суглинков, глин и илов. Мощность отложений различна и существенно зависит от крупности рек: в пределах долин крупных рек она достигает 20 м и более, а в пределах малых водотоков – не превышает 10–15 м. Дебиты скважин, эксплуатирующих аллювиальный водоносный горизонт, достигают 10 м³/сут., однако на участках, где данные отложения залегают непосредственно на верхнечетвертичных флювиогляциальных отложениях, дебиты существенно возрастают.

Водоносный горизонт надвалдайских флювиогляциальных отложений распространен в верхнем течении р. Западной Двины, районе Полоцка, Дисны, Дриссы, Шарковщины, к югу и юго-западу от Мяделя, восточнее Богушевска и Городка и представлен преимущественно разнозернистыми песками с редкими включениями гравия, гальки и валунов. Нередко встречаются линзы супесей, суглинков и глин. Коэффициент фильтрации в среднем изменяется от 2 до 29 м/сут. Водоупором служат суглинки валдайской морены или глины озерно-ледниковых отложений (верховья р. Западной Двины). Мощность отложений различна, и достигает максимального значения в районе г. Полоцк (глубина залегания водоносного горизонта достигает 15 м). В верховьях р. Западной Двины воды приурочены к тонким прослойям песков и имеют напор порядка 1–2 м.

Эксплуатируется водоносный горизонт отдельными колодцами в ряде небольших населенных пунктов; дебиты составляют 0,2–2,0 м³/сут. При отсутствии перекрывающих пород данный водоносный горизонт сильно подвержен загрязнению.

По химическому составу воды гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные магниево-кальциевые или магниево-натриевые с минерализацией до 0,5 г/л.

Водоносный горизонт валдайских конечноморенных отложений имеет весьма ограниченное распространение и отмечается в верхней части притоков р. Дисны, юго-западнее

г. Витебска и в верховьях левых притоков р. Западной Двины. Водовмещающие отложения представлены песчаным и песчано-гравийным материалом мощностью до нескольких десятков метров (среднее течение р. Западной Двины). Воды обычно эксплуатируются достаточно глубокими колодцами с дебитами до 5–10 м³/сут. (среднее течение р. Западной Двины).

Воды спорадического распространения в относительно водоупорных валдайских моренных отложениях в основном представлены супесями и суглинками и распространены в верховьях р. Западной Двины. Обводненность отложений связана с наличием линз песка и песчано-гравийного материала. Отложения развиты на севере Витебской области, в Брасловском, Лепельском, Городокском и других районах, где они используются для водоснабжения отдельных населенных пунктов. На большей части своего распространения отложения служат водоупором для выше и ниже залегающих отложений. Подземные воды приурочены преимущественно к линзам и прослойям водосодержащих отложений (верхнее течение р. Западной Двины). Дебиты колодцев и скважин варьируют от 0,5–1,0 м³/сут. (верхнее течение р. Западной Двины) до 5–9 м³/сут. (среднее течение р. Западной Двины).

Питание водоносного горизонта происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков на участках, где песчаные линзы выходят на поверхность, а также путем перетекания из смежных водоносных горизонтов. Разгрузка происходит по естественным дренам и оврагам.

По химическому составу воды пресные гидрокарбонатно-кальциевые либо кальциево-магниевого состава с минерализацией до 0,5 г/л.

Водоносный горизонт валдайско-московских межморенных флювиогляциальных отложений распространен в бассейне р. Западной Двины севернее г. Орша и является первым от поверхности напорным горизонтом. Водовмещающие породы – разнозернистые пески с включениями гравия и мелкой гальки. Часто встречаются прослои и линзы глин, суглинков, супесей, гравия и погребенных торфяников. Как правило, водоносный горизонт не выдержан по площади и мощности. Коэффициент фильтрации колеблется от 1,7 до 15,0–17,0 м/сут., в отдельных случаях достигая 30,0–50,0 м/сут. Дебиты скважин, эксплуатирующих водоносный горизонт, составляют 6,0–16,0 м³/сут. Водоснабжение ряда населенных пунктов в Витебской области, таких как Езерище, Браслав, Дисна, Полоцк, Шарковщина, Шумилино, Улла, Сено и ряда других, основано на использова-

ни межморенного флювиогляциального горизонта.

Палеозойские отложения в бассейне р. Западной Двины представлены двумя водоносными комплексами: каменноугольным (средний и нижний отделы) и девонским (верхний и средний отделы) (рис. 2).

Каменноугольный водоносный комплекс. Отложения каменноугольной системы развиты в верховьях бассейна р. Западной Двины и представлены отложениями нижнего (практически повсеместно в верховьях притоков) и среднего (отдельными вкраплениями) отделов. Водовмещающими отложениями являются достаточно выдержаные по площади и мощности трещиноватые карбонатные породы (известняки, доломиты), залегающие между выдержан-

ными водоупорами, представленными глинами и мергелями. Такое этажное расположение отложений способствует образованию водонапорной системы, которая эксплуатируется рядом скважин.

Верейский водоупор распространен в виде отдельных небольших пятен в северо-восточной части бассейна р. Западной Двины и представлен глинами, мергелями, песчаниками и алевролитами с прослойями доломитов и известняков.

Водоносный алексинско-протвинский терригенно-карбонатный комплекс распространен в северо-восточной части бассейна и представлен карбонатными породами (известняками, мергелями и др.) мощностью от 15 до 80 м.

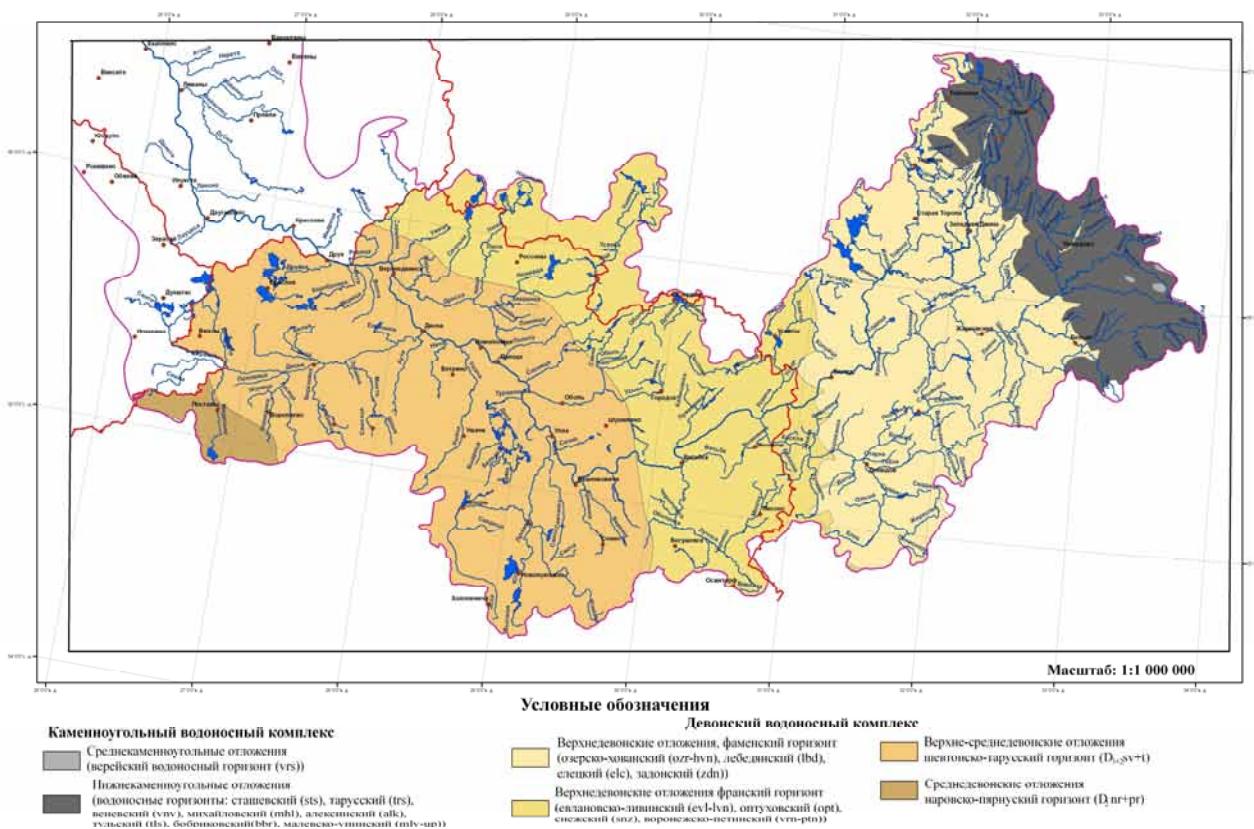


Рис. 2. Гидрогеологическая карта-схема докайнозойских отложений бассейна р. Западной Двины

На большей части своего распространения воды комплекса напорные, верхним водоупором служат верейские глины, в долинах рек наблюдаются самоизливы, иногда достигающие значительной величины. Водообильность непостоянна, удельные дебиты скважин чаще составляют 2–4 л/сек.

По химическому составу воды относятся к гидрокарбонатным кальциевым с сухим остатком до 0,5 г/дм³.

Пресные воды широко используются для водоснабжения в западной и центральной части области. На них базируется водоснабжение городов Твери, Торжка, Вышнего Волочка и др.

Бобриковско-тульский терригенный комплекс распространен в верховьях р. Западной Двины в районе городов Андреаполь, Нелидово, Белый и представлен терригенными отложениями (пески, алевролиты) мощностью от десятых долей метра до 10–15 м. В подошве залегает

водоупорный малеевский горизонт, представленный глинами. По химическому составу воды преимущественно гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией до 0,5 г/л. Самостоятельный значения для водоснабжения водоносный комплекс не имеет.

Девонский водоносный комплекс. Отложения девонской системы развиты практически повсеместно в пределах бассейна р. Западной Двины и представлены отложениями среднего и верхнего девона. В верхнем девоне выделяются фаменский водоносный горизонт, представленный озерско-хаванским, лебедянским, задонско-елецким надгоризонтами, франкский водоносный комплекс (евлановско-ливенский, снежско-плавский, оптуховский, воронежско-петнинский надгоризонты), швентойско-тарпинский водоносный комплекс верхне-среднего девона, наровско-пярнуский водоносный комплекс среднего девона.

Факторы, влияющие на формирование подземного стока. Формирование подземного стока происходит под влиянием различных природных факторов, определяющих условия питания, движения и разгрузки подземных вод [4, 7]. Следует отметить, что влияние одних факторов (например, метеорологических, геолого-гидрогеологических и др.) в достаточной степени очевидно и прогнозируемо. Другие факторы (например, эндогенные, формы атмосферной циркуляции и др.) могут оказывать влияние на условия формирования подземного стока, но их роль не столь значительна и трудно анализируема.

Согласно многочисленным публикациям, посвященным оценки роли природных факторов на формирование подземного стока [4, 5, 7], их можно подразделить на три группы: метеорологические, геолого-гидрогеологические, геоморфологические. Следует отметить, что более точная оценка влияния тех или иных факторов на условия формирования подземного стока может быть установлена лишь при детальном изучении конкретного региона.

К метеорологическим факторам относятся тип атмосферной циркуляции, количество атмосферных осадков и испарение. Соотношение осадков и испарения, характеризующее общую степень увлажненности территории, обуславливает величину инфильтрационного питания.

Геолого-гидрогеологическими факторами, влияющими на условия формирования подземного стока, являются мощность и состав зоны аэрации, водопроводимость и гидравлический градиент водоносных горизонтов, наличие или отсутствие региональных водоупоров, а также литологический состав водовмещающих пород.

К геоморфологическим факторам относятся рельеф, эрозионная расчлененность местности и плотность гидрографической сети. В совокупности эти факторы определяют длину пути фильтрации подземных вод, положение их водоразделов, а также характер взаимосвязи с поверхностными водами. Рельеф и эрозионная расчлененность территории являются важными факторами в формировании подземного стока, поскольку обусловливают значительную величину градиентов осадков, неравномерный характер их распределения, связанный с экспозицией склонов по отношению к господствующим ветрам, и различные условия инфильтрации осадков на возвышенных участках, склонах и понижениях в рельефе. Эрозионная расчлененность и рельеф также определяют степень дренированности водоносных горизонтов и комплексов, поскольку глубина эрозионного вреза, как известно, тесно связана с площадью водосбора [8].

Следует отметить, что сочетание климатических и геологических факторов, а также геоморфологических и гидрогеологических факторов определяет величину подземного стока и характер его распределения по площади.

Роль подземных вод в формировании естественных ресурсов бассейна р. Западной Двины. Роль подземных вод в формировании водного баланса и естественных ресурсов бассейна р. Западной Двины в пределах территории России и Беларусь была показана путем анализа пространственных изменений соотношения величин подземного стока, атмосферных осадков и общего речного стока.

Соотношение подземного стока и осадков характеризуется коэффициентом подземного стока, представляющего собой отношение среднемноголетних значений подземного стока к атмосферным осадкам и выражается в процентах. Полученные величины коэффициентов подземного стока показывают то, какая часть атмосферных осадков расходуется на питание подземных вод.

Коэффициент подземного стока отражает особенности трансформации атмосферных осадков в подземные воды, а его значения зависят от гидрогеологических условий района исследований (соотношения атмосферных осадков и испарения, состава и мощности пород, через которые происходит инфильтрация).

Помимо коэффициента подземного стока роль подземных вод в общих водных ресурсах может быть охарактеризована коэффициентом подземного питания рек, представляющим собой соотношение подземного стока в реки и общего речного стока и выраженного в процентах.

Данный показатель имеет большое практическое значение при решении проблемы комплексного использования водных ресурсов, поскольку позволяет оценить влияние водоотбора подземных вод на речной сток. В зависимости от величины отбора подземных вод и степени их участия в формировании речного стока могут возникать нарушения водного режима рек, что немаловажно при планировании водохозяйственной деятельности.

В зависимости от величины отбора подземных вод и степени их участия в формировании речного стока могут возникать нарушения водного режима рек, что немаловажно при планировании водохозяйственной деятельности. Оценка роли подземных вод при расчете водохозяйственных балансов при составлении Схем комплексного использования водных объектов сводится к задаче количественного определения величины нарушения поверхностного стока в результате эксплуатации водозаборов подземных вод. В соответствии с действующей Методикой расчета водохозяйственных балансов, уменьшение речного стока, вызванное отбором подземных вод, определяется на основе исследований влияния подземных вод на речной сток [6].

В условиях взаимосвязи поверхностных и подземных вод отбор последних может приводить к сокращению речного стока [11]. При эксплуатации водозаборов подземных вод (Q^{PC}) сокращение речного стока происходит в результате уменьшения или прекращения (перехвата) естественного подземного потока, разгружающегося в реку (Q^{PE}), а также усиления или возникновения фильтрации речных вод непосредственно из русла (Q^P). В практике расчета водохозяйственных балансов эти составляющие принято оценивать совместно.

Изменение подземного стока в реки при отборе подземных вод происходит под влиянием первой составляющей сокращения речного стока в результате уменьшения или прекращения (перехвата) подземного потока, разгружающегося в реку в естественных условиях (Q^{PE}), в то время как методики оценки сокращения речного стока при отборе подземных вод рассчитаны на определение величины в совокупности: $Q^{PC} = Q^{PE} + Q^P$. Поэтому возникает необходимость усовершенствования существующих методик оценки сокращения речного стока при отборе подземных вод с целью вычленения изменения подземного потока, разгружающегося в реку.

Оценка условий формирования подземного стока в реки выполняется по доле участия основных водоносных горизонтов. Поэтому

оценка изменения подземного потока, разгружающегося в реку, при отборе подземных вод должна выполняться для основных водоносных горизонтов, что также требует усовершенствования существующих методик оценки сокращения речного стока при отборе подземных вод.

Исследования геоморфологических, геологических, гидрогеологических и гидрологических особенностей бассейна р. Западной Двины позволили установить, что территория бассейна неоднородна по условиям формирования подземного стока [5]. Основными водоносными горизонтами, принимающими участие в формировании подземного стока, являются четвертичные, верхне- и среднедевонские, нижнекаменноугольные. В основном подземный сток в реки формируется из четвертичного и девонского водоносного горизонта, а нижнекаменноугольный водоносный горизонт принимает участие в формировании подземного стока только на водотоке бассейна.

Подземный сток из четвертичного водоносного горизонта характеризуется непосредственным воздействием климатических факторов, в первую очередь атмосферных осадков. Инфильтрация атмосферных осадков через межморенные верхнечетвертичные отложения в девонский водоносный горизонт, обусловленная практическим отсутствием выдержанного водоупора, формирует подземный сток из нижней части зоны дренирования. На таких участках, согласно анализу имеющихся фактических материалов, основное участие в формировании подземного стока (порядка 70 %) принадлежит четверичным отложениям, а остальное (30%) приходится на верхне-, среднедевонские отложения (см. рис. 2). На участках, где установлена восходящая фильтрация подземных вод из нижней зоны дренирования (верхнедевонские или каменноугольные отложения) в верхний четвертичный горизонт, было установлено, что доля нижележащих горизонтов составляет порядка 70 % в общей величине формирования подземного стока, а на четвертичный водоносный горизонт приходится порядка 30 %.

В южной части бассейна р. Западной Двины в пределах Беларуси в бассейне рек Дисны и Уллы и на участке г. Бешенковичи – г. Западная Двина, наиболее водообильными являются подморенные и межморенные флювиогляциальные пески, а также пески конечно-моренных холмов и гряд. Подчиненную роль играют напорные воды среднего девона. В целом модули подземного стока здесь составляют 2–3 л/сек с 1 км².

По мере продвижения на северо-восток бассейна р. Западной Двины (бассейны рек

Свольны, Дриссы, Оболи) роль подземных вод четвертичных отложений в формировании подземного стока остается по прежнему основной (порядка 70 %), но в качестве подчиненного водоносного горизонта выступают отложения верхнего девона. В целом модуль подземного стока на данном участке составляет 3–5 л/сек с 1 км².

В северо-западной части бассейна (правый берег р. Западной Двины на участке Бешенковичи – Друя) активизируется участие верхнедевонских отложений в формировании подземного стока и их доля достигает 70 %, а четвертичные отложения становятся подчиненными. Здесь общая величина подземного стока составляет 2–3 л/сек с 1 км².

В верховьях р. Западной Двины и основных ее притоков (Межа, Обша и др.) формирование подземного стока происходит в нижнекаменноугольных отложениях, представленных песками и известняками, и их доля в общем подземном стоке составляет 70 %. Следует отметить, что поскольку регионально выдержаный водоупор между нижнекаменноугольными и верхнедевонскими отложениями в районе отсутствует, то можно с большой долей вероятно-

сти предположить, что верхнедевонские отложения принимают участие в формировании подземного стока на данном участке. Четвертичные отложения также принимают участие в формировании подземного стока на данном участке, но их доля составляет не более 30 %. В целом по участку модуль подземного стока составляет 2–3 л/сек с 1 км².

Районирование территории бассейна р. Западной Двины по условиям формирования подземного стока. В бассейне р. Западной Двины выделено четыре района преимущественного дренирования вод:

- верхне- и среднедевонских отложений (район I);
 - четвертичных и частично верхне- и среднедевонских отложений (район II);
 - верхнедевонских и четвертичных отложений (район III);
 - нижнекаменноугольных и четвертичных отложений (район IV).

По степени участия вод различных водоносных комплексов в подземном питании рек в пределах района I выделено три подрайона дренирования, а в пределах районов II и III – по два подрайона (рис. 3).

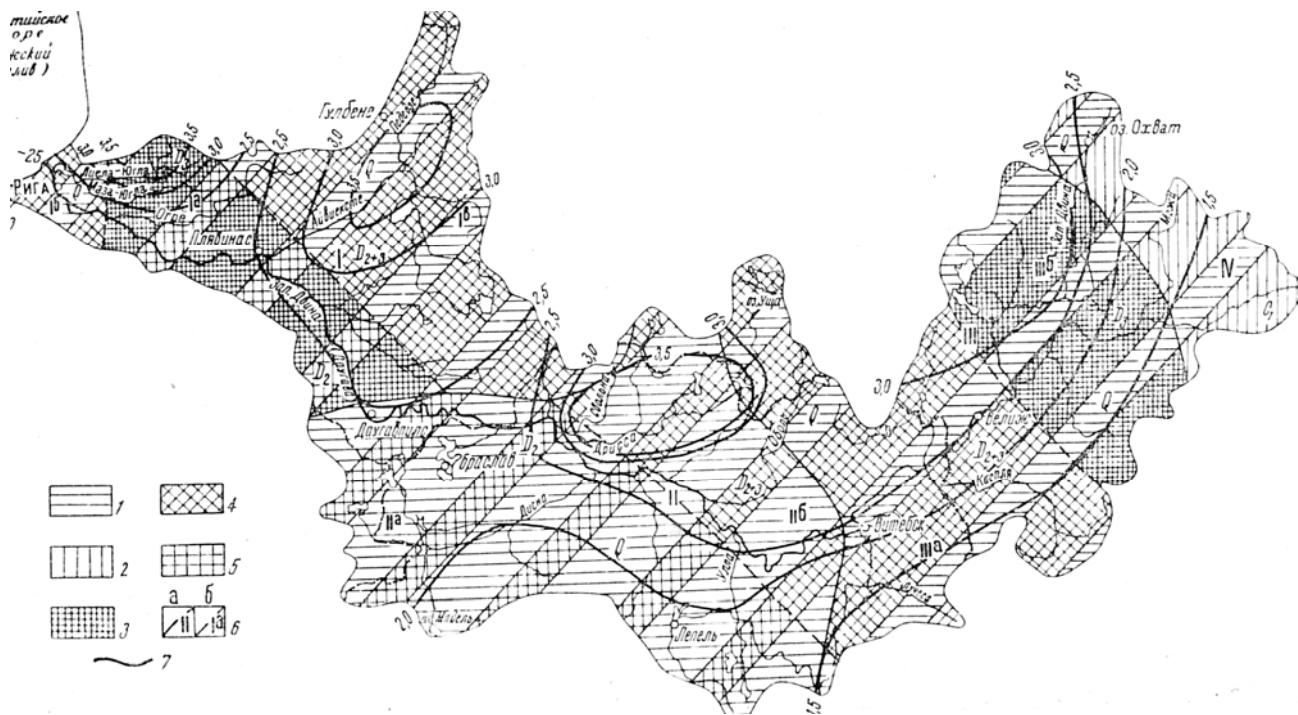


Рис. 3. Схема гидрogeологического районирования бассейна р. Западная Двина по условиям формирования подземного стока в реки из отложений: 1 – четвертичных; 2 – нижнекаменноугольных и частично верхнедевонских; 3 – верхнедевонских; 4 – верхнедевонских со среднедевонскими; 5 – среднедевонских; 6 – граница и номер района (а) и подрайона (б); 7 – изолинии модулей подземного стока, л/(с км²)

Район I – зона дренирования верхне- и среднедевонских отложений. Территория района охватывает нижнюю часть бассейна р. Западная Двина, почти до широты г. Даугавпилса и представляет собой волнистую, местами резко всхолмленную равнину. Абсолютные отметки местности изменяются от 280–300 м (Видземская возвышенность) и 150–200 м (Латгальская возвышенность) до 20–50 м на западе бассейна в пределах Приморской равнины.

Основной подземный сток реки формируется за счет вод верхнедевонских отложений, представленных песчано-глинистой толщей, переходящей вниз по разрезу в доломиты с прослойями мергелей и глин, а также за счет вод, заключенных в песках и песчаниках среднего девона. Воды верхней пестроцветной толщи верхнего девона почти повсеместно связаны с водами нижележащей карбонатной толщи, образуя единый водоносный комплекс. Эти воды напорные. Глубина залегания их изменяется от 5–10 м на западе и юго-западе района до 30–40 м на северо-востоке. В этом же направлении идет напор в водоносном комплексе. Водоупор между водами верхнедевонского водоносного комплекса и водами, приуроченными к песчаным отложениям среднего девона, во многих местах отсутствует, и воды среднего девона участвуют в питании рек. Широко развитые древние доледниковые палеодолины также способствуют тесной гидравлической связи вод верхнедевонских и среднедевонских отложений и участию в формировании подземного стока в реки. Воды четвертичных отложений, мощность которых изменяется от 3–5 м на западе по долине р. Западной Двины до 40–60 и даже 80 м на северо-востоке района, играют подчиненную роль в подземном питании рек.

Подрайон I (а) занимает юго-западную часть района и охватывает нижнее течение р. Западной Двины, за исключением приусտевой ее части. Для территории подрайона характерно неглубокое залегание верхнедевонских вод, значительная глубина современного эрозионного вреза (до 80–100 м) и широкое развитие древних переуглубленных долин, играющих важную роль в дренаже подземных вод верхнедевонских, а во многих местах и среднедевонских отложений. Мощность четвертичных, в основном конечноморенных, образований редко превышает 20 м. Почти повсеместно в русле и на крутых обрывистых берегах р. Западной Двины обнажаются верхнедевонские доломиты, мергели и известняки. В карбонатных и гипсонасных породах франского яруса развиты различные формы берегового карста. К карстовым

пещерам, воронкам и нишам относятся выходы родников с дебитом до 10 л/сек.

Основное участие в формировании подземного стока в реки принимают широко распространенные воды, заключенные во франских отложениях верхнего девона. Воды среднедевонских отложений играют подчиненную роль в подземном питании рек. Среднемноголетние модули подземного стока для территории подрайона составляют обычно 2,0–2,5 л/сек с 1 км² и лишь на крайнем северо-западе увеличиваются до 3,0–3,5 л/сек с 1 км².

Подрайон I (б) охватывает самую нижнюю часть бассейна р. Западной Двины, расположенную в пределах Приморской равнины. Подземный сток в реки формируется в основном за счет верхне- и среднедевонского водоносного комплекса. Подчиненную роль в формировании подземного стока в реки играют подземные воды, приуроченные к четвертичным, главным образом морским отложениям, представленным песчано-глинистыми фациями.

Модуль подземного стока на территории подрайона составляет в среднем около 2,5 л/сек с 1 км².

Подрайон I (в) занимает северо-восточную часть района и почти полностью охватывает бассейн р. Айвиексте. Территория подрайона представляет собой слаборасчлененную равнину. Отличительной особенностью его является относительно большое участие вод четвертичных отложений в подземном питании рек. Наименьшая мощность четвертичных отложений в пределах подрайона (до 10–20 м) отмечена в центральной его части вдоль р. Айвиексте, откуда она увеличивается в северо-западном и юго-восточном направлениях до 60–80 и даже 100 м. Модуль подземного стока, характеризующий общий сток из четвертичных и девонских отложений, возрастает в этом же направлении от 1,5 до 2,0–2,5 л/сек с 1 км². Небольшие величины модуля подземного стока объясняются слабой расчлененностью рельефа и широким распространением моренных слабопроницаемых суглинков.

Район II – зона дренирования четвертичных и частично верхне- и среднедевонских отложений. Этот район занимает участок среднего течения р. Западной Двины – примерно от Даугавпилса до Витебска. Абсолютные отметки возрастают от 120–130 м в долинах рек до 150–180 м на водоразделах. Территория района дренируется реками Западной Двиной, Дисной, Оболью, Дриссой и др. Подземный сток в реки формируется в основном за счет вод различных генетических комплексов четвертичных отложе-

ний, мощность которых возрастает с севера на юг с 20–30 до 120–140 м. Широкое развитие имеют древние палеодолины р. Западной Двины, которые, будучи заполнены песчано-глинистыми осадками, значительно активизируют разгрузку глубоких вод в реку. В районе Даугавпилса мощность четвертичных отложений, заполняющих древнюю переуглубленную долину стока, достигает 180–200 м. В тех местах, в которых отсутствуют водоупорные слои морены, а также через переуглубленные древние долины вблизи четвертичных отложений имеют тесную гидравлическую связь с напорными водами верхне- и среднедевонских отложений.

Подрайон II (а) занимает юго-западную часть района, охватывая бассейны рек Дисны и Уллы. Основной подземный сток формируется за счет вод четвертичных отложений. Наиболее водообильными среди четвертичных отложений являются подморенные и межморенные флювиогляциальные пески и супеси, а также пески конечноморенных холмов и гряд, содержащие безнапорные или слабонапорные воды. Мощность четвертичных осадков увеличивается по направлению на юг территории, достигая на Ошмянской и Минской возвышенностях 120–140 м и более. Подчиненную роль в формировании подземного стока играют напорные подземные воды, приуроченные к пескам и песчаникам лужского горизонта среднего девона. Мощность среднедевонских отложений возрастает на восток от 100 м в районе г. Даугавпилса до 267 м в районе р. Дрисса. Модули подземного стока составляют 2,0–2,5 л/сек с 1 км².

Подрайон II (б) занимает северо-восточную часть района и охватывает почти целиком бассейны рек Свольны, Дриссы, Оболи. Широкое развитие имеют озера, оказывающие регулирующее воздействие на сток. Мощность четвертичного покрова, воды которого принимают основное участие в формировании подземного стока, в пределах подрайона возрастает с северо-запада на юго-восток от 20–40 до 100–120 м. Подчиненное значение в формировании подземного стока в реки имеют напорные воды, содержащиеся в песчаных и карбонатных породах верхнего и среднего девона. Мощность отложений верхнего девона изменяется от 40 до 130 м (в районе г. Городок). Модули подземного стока на территории подрайона составляют 2,5–3,5 л/сек с 1 км², достигая наибольших значений на северо-западе подрайона на участках близкого залегания от поверхности вод верхнедевонских отложений и их более активного участия в формировании подземного стока в реки.

Район III – зона дренирования верхнедевонских и четвертичных отложений. Примыкает

с востока к району II и охватывает верхнюю часть бассейна р. Западной Двины, за исключением его восточной окраины. Абсолютный отметки местности составляют обычно 150–180 м, достигая на отдельных грядах Валдайской возвышенности и на Смоленско-Московской гряде 250–270 м. Территория района дренируется такими реками, как: Западная Двина, Лучеса, Каспля, Овсянка, Усвяча. Район расположен в области широкого развития верхнедевонских отложений, представленных песчаниками, глинами, доломитами, известняками, общая мощность которых колеблется от 20 до 120 м и более. В песчаных и карбонатных породах верхнего девона содержится гидравлически единый водоносный комплекс, воды которого формируют основной подземный сток в реки. Подчиненное участие в формировании подземного стока принимают воды различных комплексов четвертичных отложений. Мощность четвертичного покрова в пределах района колеблется от 20–30 до 80–100 м и даже 120 м.

Гидрогеологические поперечники через долину р. Западной Двины, а также сопоставление мощностей четвертичных и верхнедевонских отложений с известными глубинами древних доледниковых долин свидетельствуют о том, что в западной части района воды пестроцветной толщи среднего девона, гидравлически связанные с водами верхнего девона, принимают участие в питании рек. Модули подземного стока возрастают с юга на север от 1,5 до 3,0 л/сек с 1 км².

Район IV – зона дренирования нижнекаменноугольных и четвертичных отложений. Расположен на Валдайской возвышенности, охватывая восточную окраину бассейна. Абсолютные отметки местности изменяются от 170–180 до 250–270 м. Территория района дренируется верховьями рек Западной Двины, Межи, Обши. Превышения водоразделов над базисом современной русловой эрозии достигают 50 м. Подземный сток в реки формируется в основном за счет слабонапорных и напорных вод, заключенных в известняках и песках, отличающихся значительной водообильностью. Мощность нижнекаменноугольных отложений в пределах района достигает 60–90 м. Регионально выдержаный водоупор между водами нижнекаменноугольных и верхнедевонских отложений отсутствует, поэтому воды песчано-глинистых и карбонатных отложений верхнего девона, часто гидравлически связанные с водами нижнекаменноугольных отложений, принимают определенное участие в формировании подземного стока.

Подчиненное участие в формировании подземного стока принимают безнапорные и

слабонапорные воды, развитые в песчаных фациях четвертичных отложений. Мощность четвертичных отложений возрастает с северо-запада на юго-восток района с 10–20 до 40–60 м и даже 80 м. Модули подземного стока увеличиваются в обратном направлении – с юго-востока на северо-запад – с 1,5 до 2,5 л/сек с 1 км², достигая наибольших значений в области неглубокого залегания нижнекаменоугольных отложений от поверхности земли. В целом по бассейну р. Западной Двины наблюдаются колебания среднегодовых величин модулей подземного стока от 1,5 до 3,5 л/сек с 1 км². Центральная часть территории характеризуется среднегодовым модулем подземного стока в 2,0–2,5 л/сек. Характерно общее закономерное возрастание модулей подземного стока с юго-востока на северо-запад территории.

Гидродинамические условия формирования подземного стока за счет инфильтрации атмосферных осадков изменяются на всей территории Западно-Двинского бассейна: на водораздельных площадях преобладает инфильтрация

в зону грунтовых вод и затем в нижележащие водоносные отложения и сток к речным долинам, в долинах рек преобладает дренирование верхних водоносных горизонтов через относительные водоупоры и на выходе в русло через отложения аллювия. Инфильтрационные воды, не поступившие в русла рек, расходуются на возобновление глубоких водоносных горизонтов, воды которых стекают в водопроводящих пластах непосредственно в Балтийское море или ниже морского базиса – в тектонические впадины (Балтийскую и Московскую).

На основании карт подземного стока, карты дренирования и типовых схем дренирования, можно оценить естественные ресурсы по каждому водоносному комплексу. Расчет естественных ресурсов подземных вод зоны интенсивного водообмена в первом приближении проводили по карте среднемноголетних модулей подземного стока. Характеристика естественных ресурсов по выделенным районам дренирования приведена в таблице.

Естественные ресурсы подземных вод зоны интенсивного водообмена по районам дренирования

Район	Площадь, км ²	Естественные ресурсы, м ³ /сек	Средний модуль, л/сек с 1 км ²
Район I:			
подрайон I (а)	23 600	49,7	2,10
подрайон I (б)	8500	21,2	2,50
подрайон I (в)	1500	4,0	2,70
	13 600	24,5	1,80
Район II:			
подрайон II (а)	28 300	68,0	2,40
подрайон II (б)	18 500	41,5	2,25
	9800	26,5	2,70
Район III:			
подрайон III (а)	27 300	61,9	2,30
подрайон III (б)	16 000	33,6	2,10
	11 300	28,3	2,50
Район IV	5900	13,0	2,20
<i>Итого:</i>	85 100	192,6	–

Выполненный расчет величин подземного стока на территории бассейна р. Западной Двины на основании генетического расчленения гидрографов рек показал, что среднегодовые величины модулей подземного стока изменяются от 1,5 до 3,5 л/сек с 1 км². При этом характерно общее закономерное возрастание модулей с юго-востока на северо-запад территории. Наиболее крупные ресурсы формируются в верхнедевонском водоносном комплексе (76,5 м³/с), затем – в четвертичном (72,6 м³/с) и среднедевонском (37,0 м³/с) и нижнекаменоугольном (6,5 м³/с).

Выводы

1. Проведенный выше анализ изменчивости параметров, характеризующих подземный сток (величина подземного стока, коэффициент подземного стока и коэффициент подземного питания рек) дает возможность охарактеризовать и количественно оценить роль подземных вод в общих водных ресурсах бассейна р. Западной Двины в пределах российской и белорусской территорий.

2. На основании имеющегося фактического материала по гидрогеологическому строению бассейна р. Западной Двины, выполнено районирование территории по степени участия от-

дельных водоносных горизонтов в формировании подземного стока.

3. Оценку изменения подземного стока, разгружающегося в реки при отборе подземных вод, необходимо выполнять, как в целом, так и по основным водоносным горизонтам, прини-

мающим участие в формировании этого стока в естественных условиях. Для этого необходимо усовершенствовать существующие методики оценки сокращения речного стока при эксплуатации водозаборов подземных вод.

Литература

1. Гидрогеология СССР. – М., 1966. – Т. 1 : Москва и смежные области.
2. Гидрогеология СССР. – М., 1970. – Т. 2 : Белорусская ССР.
3. Западная Двина [Электронный ресурс] // География. – Режим доступа: <http://geographvofrussia.com/zaDadnava-dvina>. – 2016 г.
4. Зекцер, И. С. Закономерности формирования подземного стока и научно-методические основы его изучения / И. С. Зекцер. – М., 1977.
5. Лавров, А. П. Основные закономерности подземного стока бассейна Зап. Двины (Даугавы) / А. П. Лавров, И. С. Зекцер, О. В. Попов. – Минск : Изд-во Акад. наук БССР, 1963.
6. Методика расчета водохозяйственных балансов водных объектов : утв. приказом МПР России от 30 ноября 2007 года № 314 ; зарегистр. в Мин-ве юстиции Рос. Федерации 29 дек. 2007 г. – Регистр. № 10861.
7. Подземные воды Мира: ресурсы, использование, прогнозы / под ред. И. С. Зекцера. – М., 2007.
8. Попов, О. В. Подземное питание рек / О. В. Попов. – Л., 1968.
9. Река Западная Двина [Электронный ресурс] // Команда Кочующие. – Режим доступа : <http://poseidon.bv/articles/dvina/geographic.shtml>. – 2016 г.
10. Реки и озера Мира / под ред. В. И. Данилова-Данильяна. – М., 2012.
11. Черепанский, М. М. Теоретические основы гидрогеологических прогнозов влияния отбора подземных вод на речной сток / М. М. Черепанский. – М., 2005.

¹Институт водных проблем РАН,

²Российский государственный геологоразведочный университет,

³Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 12.04.2016 г.

**И. С. Зекцер, О. А. Каримова, М. М. Черепанский,
Н. М. Томина, О. Г. Савич-Шемет**

РОЛЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ФОРМИРОВАНИИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БАССЕЙНА РЕКИ ЗАПАДНОЙ ДВИНЫ

Определение роли подземных вод в водном балансе отдельных речных бассейнов на основе изучения взаимосвязи поверхностных и подземных вод, а также факторов их определяющих, позволяет в долгосрочном планировании охарактеризовать и обосновать рациональное использование водных ресурсов, а также прогнозировать возможные изменения их режима при интенсивной эксплуатации.

Бассейн р. Западной Двины занимает площадь 87,9 тыс. км². Общая протяженность реки составляет 1020 км, из них 325 км приходится на Российскую Федерацию, 328 км – на Беларусь и 367 км – на Латвию.

В гидрогеологическом отношении водосборная площадь находится в пределах Прибалтийского и Московского артезианского бассейнов.

Формирование подземного стока происходит под влиянием различных природных факторов, определяющих условия питания, движения и разгрузки подземных вод. Сочетание климатических и геологических, а также геоморфологических и гидрогеологических факторов определяет величину подземного стока и характер его распределения по площади.

В бассейне р. Западной Двины выделено четыре района преимущественного дренирования вод: I – верхне- и среднедевонских отложений; II – четвертичных и частично верхне- и среднедевонских отложений; III – верхнедевонских и четвертичных отложений; IV – нижнекаменноугольных и четвертичных отложений.

Подземный сток на территории бассейна характеризуется среднегодовыми величинами модулей подземного стока, которые изменяются от 1,5 до 3,5 л/сек с 1 км². При этом характерно общее закономерное возрастание модулей с юго-востока на северо-запад территории. Наиболее крупные ресурсы формируются в верхнедевонском водоносном комплексе (76,5 м³/с), затем – в четвертичном (72,6 м³/с), среднедевонском (37,0 м³/с) и нижнекаменноугольном (6,5 м³/с).

*I. S. Zektser, O. A. Karimova, M. M. Cherepansky,
N. M. Tomina, O. G. Savich-Shemet*

ROLE OF GROUND WATERS IN WATER RESOURCES FORMATION IN THE RIVER WESTERN DVINA BASIN

A role determination of ground waters in water balance of separate river basins on a basis of study of connection of surface and ground waters, so as factors of their determination, allows to characterize in long-time planning and to ground rational use of water resources, so as to forecast possible changes of their regime during an intense operating.

The basin of the Western Dvina river takes an area of 87,9 thous. km². A total length of the river is 1020 km, 325 km of which is in Russian Federation, 328 km – in Belarus and 367 km – in Lithuania.

A catchment area is in frameworks of Baltic and Moscow artesian basins in hydrogeological relationship.

An underground runoff formation occurs under an influence of different nature factors, which determined conditions of nutrition, movement and discharge of ground waters. A combination of climatic and geological, so as geomorphological and hydrogeological factors determines a underground runoff value and character of its distribution by area.

Four regions of water preferential drainage are highlighted in the basin of the Western Dvina river: I – upper and mid Devonian sediments; II – Quaternary and partly Upper and Middle Devonian sediments; III – Upper Devonian and Quaternary sediments; IV – Lower Carboniferous and Quaternary sediments.

The underground runoff on the basin territory is characterized by average annual values of underground runoff flow modules, which vary from 1.5 to 3.5 l / s from 1 km². The total increase in regular units from the south-east to north-west area is characteristically. The largest resources are formed in the Upper Devonian aquifer complex (76.5 m³ / s), and then – in the Quaternary (72.6 m³ / s), Middle Devonian (37.0 m³ / s) and the Lower (6.5 m³ / s).

УДК 504.54.05(476)

М. И. Струк¹, Т. Г. Флерко², Д. П. Кузнецов¹

ЭКОЛОГО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РАЗМЕЩЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ

Приведено обоснование оценочных критериев, отражающих природно-ландшафтные условия размещения сельских поселений, опасность загрязнения вод колодцев, дегумификации почв приусадебных земель, деградации луговой растительности на прилегающих к этим поселениям угодьях, их радиоактивное загрязнение. По каждому из этих критериев выполнена оценка размещения сельских поселений восточной части Припятского Полесья.

Сельские поселения характеризуются тесными связями с окружающей природной средой. Эти связи осуществляются по двум основным направлениям. Первое из них имеет отношение к воздействиям на окружающую среду. Данные поселения являются открытыми природно-техническими системами, которые способны выступать как источниками подобных воздействий, так и испытывать их со стороны соседних и более удаленных территорий. При этом внешние воздействия могут быть вызваны не только антропогенными, но и природными факторами, например наводнениями, сильными ветрами и др.

Второе направление касается использования местных природных ресурсов. Эти ресурсы нужны, прежде всего, для удовлетворения жизненных потребностей сельского населения. К ресурсам подобного рода относятся, в частности, земельные ресурсы, предназначенные для ведения личного приусадебного хозяйства, водные ресурсы, используемые для питьевых и хозяйственных нужд, древесные ресурсы, применяемые для отопления жилых помещений, ресурсы дикорастущих пищевых и лекарственных растений и др.

Наряду с отмеченным непосредственным потреблением местных природных ресурсов сельскими жителями рассматриваемые поселения оказывают также влияние на уровень их производственного использования. Данные поселения являются своего рода центрами сельскохозяйственного освоения земель. Именно вокруг них концентрируются угодья сельскохозяйственного назначения – пахотные и луговые.

Из наличия приведенных тесных связей сельских поселений с окружающей природной средой следует необходимость их изучения для оптимизации экологического управления и рационального использования природных ресурсов. Между тем вопросы подобного рода пока не нашли должного отражения в научных исследованиях. По отношению к сельским поселениям Беларуси в большей мере затрагивались проблемы нитратного загрязнения колодцев [7, 8, 14], а также загрязняющего влияния на окружающую среду животноводческих комплексов [5, 12, 15]. Кроме этого самостоятельным предметом исследования выступали ландшафтные факторы размещения сельских поселений [13], а также экологические последствия их трансфор-

мации [10, 11]. Комплексную оценку этих поселений, охватывающих различные стороны их взаимосвязей с окружающей природной средой и природопользованием, не проводили.

Цель работы – дать оценку эколого-хозяйственных особенностей размещения сельских поселений и их влияния на природопользование. Для ее достижения решали задачи по обоснованию соответствующих оценочных критериев и проведению по каждому из них оценки применительно к конкретным поселениям.

Исследование выполнено по отношению к сельским поселениям восточной части Припятского Полесья, которая принята в границах четырех административных районов Гомельской области – Житковичского, Петриковского, Мозырского, Наровлянского [2].

Критерии эколого-хозяйственной оценки. Значимые для оценки эколого-хозяйственных свойств сельского поселения критерии должны характеризовать окружающую среду на его территории, а также влияние данного поселения на природопользование. При этом не следует ограничиваться отражением только реального состояния среды, необходимо также учитывать существующие потенциальные экологические риски. В условиях ограниченности мониторинга окружающей среды сельских поселений такой учет обеспечит более полное представление об экологической ситуации в их пределах.

Осуществляя выбор экологических критериев оценки сельских поселений рассматриваемой территории, необходимо принимать во внимание присущие ей проблемы в данной области. К таким следует отнести радиоактивное загрязнение, химическое и микробиологическое загрязнение вод колодцев, вывод из оборота с последующим застанием рудеральной растительностью, закустариванием, заросшими и заболачиванием естественных лугов, дегумификацию почв пахотных угодий [11].

Проблема радиоактивного загрязнения территории идентифицируется довольно точно благодаря действующему в стране радиационному мониторингу. Результаты выполняемых наблюдений обеспечивают возможность выделения поселений, где подобное загрязнение имеет место.

Химическое (главным образом нитратное) и микробиологическое загрязнение вод колодцев

фиксируется при проведении санитарного надзора за хозяйственно-питьевым водоснабжением. Такой надзор проводится регулярно, однако обследование колодцев в его рамках осуществляется выборочно и не позволяет определить качество вод в каждом из них. В этом случае целесообразно оценивать потенциальную опасность загрязнения.

Указанная опасность будет определяться, прежде всего, защищенностью грунтовых вод от поступления в них загрязняющих веществ, которая зависит от ландшафтных условий территории. Именно они оказывают решающее влияние на глубину залегания этих вод и литологический состав пород зоны аэрации. Поэтому ландшафтные условия исследуемых поселений могут выступить критерием оценки опасности загрязнения вод находящихся в них колодцев.

Деградация естественной луговой растительности на угодьях, прилегающих к сельским поселениям, вызвана прекращением на них сенонасаждения и выпаса крупного рогатого скота, что является следствием резкого снижения его поголовья. Соответственно, динамика численности крупного рогатого скота может использоваться в качестве оценочного критерия остроты данной проблемы.

Проблема дегумификации почв отмечается для земель сельскохозяйственных организаций, которые являются объектом регулярно проводимого в стране агрохимического обследования [1]. К числу основных ее причин, очевидно, относится недостаточное внесение органических удобрений.

Указанная причина будет тем более актуальна для приусадебных земель населения, не вовлеченных в севообороты сельскохозяйственных организаций. Это связано, прежде всего, со снижением поголовья крупного рогатого скота, который выступает основным источником образования органических удобрений. Соответственно, показатель динамики численности крупного рогатого скота в хозяйствах населения наряду с оценкой процессов деградации естественной луговой растительности может характеризовать также проблему дегумификации почв приусадебных земель.

Вместе с тем при характеристике отмеченной проблемы недостаточно ограничиться только показателями внесения органических удобрений, нужно учитывать также существующие в почвенном покрове рассматриваемых земель различия, поскольку от этих различий зависит способность почв удерживать гумус. Так, наименьшей способностью в данном отношении обладают песчаные почвы [10].

Характер почвенного покрова территории определяется ее ландшафтными условиями. Поэтому, как и в случае оценки защищенности грунтовых вод от загрязнения, эти условия также могут выступить критерием оценки опасности дегумификации почв приусадебных земель сельских поселений.

Хозяйственные критерии классификации сельских поселений должны отражать материальные предпосылки ведения в них хозяйственной деятельности, связанной с использованием местных природных ресурсов и воздействиями на окружающую среду. Они определяются наличием в этих поселениях соответствующих производственных и иных объектов.

В составе производственных объектов сельских поселений особое место занимают животноводческие фермы, в первую очередь фермы крупного рогатого скота. Помимо того, что они, как и промышленные предприятия, являются источниками загрязнения окружающей среды, данные объекты являются также источниками образования органических удобрений и создают условия сохранения луговой растительности на прилегающих к ним территориях. Поэтому хозяйственным критерием оценки сельских поселений можно принять наличие в них животноводческих ферм.

Оценка сельских поселений по эколого-хозяйственным критериям. В составе выполняемой оценки последовательно отражены природно-ландшафтные особенности размещения сельских поселений, проблемы загрязнения грунтовых вод, дегумификации почв приусадебных земель, деградации естественной луговой растительности, а также радиоактивного загрязнения.

Природно-ландшафтные особенности размещения сельских поселений. Природно-ландшафтные условия территории относятся к числу ключевых факторов, определяющих размещение сельских поселений. Особенно важное значение имеет их пригодность для занятий сельским хозяйством, поскольку именно сельское хозяйство на протяжении длительного исторического периода времени составляло основу хозяйственной деятельности сельских жителей.

Для оценки природно-ландшафтных особенностей размещения сельских поселений изучаемой территории использовали ландшафтную карту Припятского Полесья М 1 : 200 000, составленную в рамках научного обеспечения государственной программы социально-экономического развития региона на 2010–2015 гг.

Всего в рассматриваемой восточной части региона находятся 353 поселения (табл. 1). Более половины из них относится к категории малых (с численностью населения до 100 человек), примерно третья часть – к категории средних (101–500 чел.), (501–1000 чел.) и десятая часть – к категории больших (свыше 500 чел.).

Размещаются отмеченные поселения в пределах шести типов ландшафтов. Самое большое их количество приходится на ландшафты водно-ледниковых равнин (более трети), а также озерных и озерно-аллювиальных низин второй надпойменной террасы (более четверти). При этом подобное распределение характерно для поселений различной величины: больших, средних и малых. Наименьшее число поселений располагается на ландшафтах моренных равнин.

Таблица 1. Распределение сельских поселений восточной части Припятского Полесья по типам ландшафтов

Тип ландшафта	Сельские поселения									
	всего		в том числе с численностью населения							
			до 100 чел.		101—500 чел.		501—1000 чел.		свыше 1000 чел.	
	ед.	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%
Пойменные низины	33	9,3	14	4,0	15	4,2	4	1,1	—	—
Аллювиальные аккумулятивные низины первой надпойменной террасы	54	15,3	26	7,4	22	6,2	4	1,1	2	0,6
Аллювиальные и озерно-аллювиальные низины второй надпойменной террасы	93	26,3	60	17,0	23	6,5	9	2,5	1	0,3
Водно-ледниковые равнины	129	36,5	84	23,8	33	9,3	11	3,1	1	0,3
Моренные равнины	9	2,5	6	1,7	3	0,8	—	—	—	—
Моренные возвышенности	35	9,9	16	4,5	15	4,2	2	0,6	2	0,6
<i>Всего:</i>	<i>353</i>	<i>100,0</i>	<i>206</i>	<i>58,4</i>	<i>111</i>	<i>31,4</i>	<i>30</i>	<i>8,5</i>	<i>6</i>	<i>1,7</i>

Приведенные различия в размещении сельских поселений по ландшафтам согласуются с занимаемой ими площадью. Так, на отмеченные ландшафты с наибольшим количеством сельских поселений, приходится самая большая (48 %), а с наименьшим – самая малая (2 %) площадь.

В отличие от количества сельских поселений, наибольшая их плотность и людность отмечается в пределах ландшафтов моренных возвышенностей, здесь же имеет место и самая высокая плотность сельского населения (табл. 2).

Минимальные аналогичные показатели фиксируются на пойменных низинах. Подобные различия свидетельствуют о том, что на рассматриваемой территории более благоприятными для проживания людей природными условиями располагают ландшафты моренных возвышенностей, а самыми сложными – ландшафты пойм.

Таблица 2. Средняя людность и плотность сельских поселений восточной части Припятского Полесья по типам ландшафтов

Тип ландшафта	Средняя людность поселений, чел.	Плотность	
		Поселений, ед/100 км ²	Населения, чел/км ²
Пойменные низины	201	3	5
Аллювиальные аккумулятивные низины первой надпойменной террасы	212	5	11
Аллювиальные и озерно-аллювиальные низины второй надпойменной террасы	150	6	9
Водно-ледниковые равнины	158	6	8
Моренные равнины	100	5	5
Моренные возвышенности	337	10	34
<i>Всего:</i>	<i>185</i>	<i>5</i>	<i>10</i>

Загрязнение грунтовых вод. Для выявления природных предпосылок загрязнения грунтовых вод и дегумификации почв приусадебных земель сельских поселений, расположенных в различных типах ландшафтов, рассмотрены показатели, характеризующие их физические свойства. К таковым отнесены абсолютная высота местности, глубина залегания грунтовых вод и механический состав почв (табл. 3).

Показатель абсолютной высоты местности сельских поселений закономерно увеличивается от ландшафтов низин к таковым равнин и возвышенностей. Прослеживается его влияние на глубину залегания грунтовых вод. Так, в низинных ландшафтах доля поселений с минимальным их уровнем (< 2 м) колеблется в пределах

61–73 %, в равнинных – 47–56 и на возвышенностях составляет лишь 3 %. В целом по территории близкое к поверхности залегание грунтовых вод и, соответственно, их слабая защищенность от загрязнения отмечается более чем в половине рассматриваемых населенных пунктов, средняя защищенность – в четвертой и высокая – в пятой части.

Устойчивость грунтовых вод (УГВ) сельских поселений, формирующих водные ресурсы колодцев, по административным районам будет зависеть от их ландшафтного строения. В большей степени низинные ландшафты распространены в западной части рассматриваемой территории, где находятся Житковичский и Петриковский районы. Соответственно, для этих районов

будет характерна особенно высокая доля поселений с низкой устойчивостью – более 70 % от их общего числа (табл. 4). Наименьшей она будет в

Мозырском районе, где сельские поселения размещаются в основном на ландшафтах возвышенностей и равнин – 13 %.

Таблица 3. Физические свойства ландшафтов сельских поселений восточной части Припятского Полесья

Тип ландшафта	Средняя абсолютная высота, м	УГВ, %			Почвы, %		
		< 2 м	2–5 м	> 5 м	песчаные	супесчаные	суглинистые
Пойменные низины со старичными озерами	126	61	21	18	76	6	18
Аллювиальные аккумулятивные низины первой надпойменной террасы	126	72	19	9	65	15	20
Аллювиальные и озерно-аллювиальные низины второй надпойменной террасы	133	73	22	5	97	3	–
Водно-ледниковые равнины	138	47	24	29	92	8	–
Моренные равнины	146	56	33	11	89	11	–
Моренные возвышенности	155	3	14	83	74	26	–
Всего:	135	55	21	24	86	9	5

Таблица 4. Распределение сельских поселений районов восточной части Припятского Полесья по устойчивости грунтовых вод к загрязнению

Район	Устойчивость грунтовых вод к загрязнению, %		
	низкая (< 2 м)	средняя (2–5 м)	высокая (> 5 м)
Житковичский	71	9	20
Мозырский	13	20	67
Наровлянский	57	34	9
Петриковский	72	21	7
Всего:	55	21	24

Основными веществами, загрязняющими воды колодцев приведенных районов, выступают нитраты. Доля нестандартных проб по этим веществам составляет в них около 60 % [14].

Для обеспечения должного качества питьевых вод, предотвращения потребления тех из них, которые подвержены нитратному загрязнению, наилучшим способом является переход на централизованное водоснабжение с использованием водных ресурсов более глубоких водоносных горизонтов. Реализация данной меры предусмотрена государственной программой «Чистая вода» на 2011–2015 гг. [4]. Она охватывает не только городские, но и сельские поселения, однако не все из них, а только большие, имеющие статус агрогородков.

В восточной части Припятского Полесья указанный статус принадлежит 42 сельским населенным пунктам. В них проживает около 30 тыс. жителей, или 42 % от общей численности сельского населения. Перевод столь большой части сельских жителей на обеспечение питьевой водой, не подверженной нитратному загрязнению, свидетельствует о снижении остроты данной проблемы для сельских поселений.

Дегумификация почве. Почвенный покров приусадебных земель сельских поселений по механическому составу довольно однородный. В 86 % случаев эти почвы являются песчаными (см. табл. 3). Несколько большим их разнообразием выделяются поселения, расположенные на

самых низких и самых высоких по абсолютным отметкам ландшафтах; это ландшафты пойм, первых надпойменных террас и моренных возвышенностей, где от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{3}$ почв относится к супесчаным и суглинистым.

Преобладающие на приусадебных землях рассматриваемой территории песчаные почвы характеризуются минимальной способностью к удержанию гумуса. Соответственно, они в большей степени будут подвержены дегумификации. Положение усложняется еще и тем, что на данных землях выращивают в основном картофель. Данная культура занимает больше половины всех посевных площадей [10]. Она же требует внесения особенно больших объемов органических удобрений.

Источником органических удобрений для приусадебных земель выступает скот, который содержат в хозяйствах населения. При этом более значимым в данном отношении является крупный рогатый скот. Удельное образование органических удобрений от одной головы крупного рогатого скота в 3–4 раза выше, чем от свиньи [6]. Поэтому поголовье крупного рогатого скота имеет основное значение в образовании органических удобрений.

Между тем в динамике указанного поголовья прослеживается многолетняя тенденция к его снижению. За период с 1990 по 2014 г. общая численность крупного рогатого скота в хозяйствах населения на всей изучаемой территории

уменьшилась в 3,2 раза. Показатель обеспеченности сельских жителей этими животными, составил в 2014 г. 14 голов на 100 чел.

Существенная разница в величине отмеченного показателя наблюдается между районами. Максимальное его значение имеет место в Наровлянском районе – 26 голов на 100 чел., промежуточное положение занимают Житковичский и Петриковский районы – 17 и 18 голов на 100 чел., соответственно, минимальная величина характерна для Мозырского района – 5 голов на 100 чел.

По отношению к домохозяйствам средний показатель обеспеченности скотом составляет 1 голову на 3 из них. В Наровлянском районе данными животными располагает каждое второе, в Житковичском и Петриковском – второе–третье, в Мозырском – восьмое домохозяйство. В последнем случае крупный рогатый скот, очевидно, не может рассматриваться как источник органических удобрений для приусадебных земель.

Происходящее снижение поголовья крупного рогатого скота в хозяйствах населения и связанное с ним уменьшение образования органических удобрений способствуют активизации процесса дегумификации почв приусадебных земель. Без вовлечения этих земель в севообороты сельскохозяйственных организаций вряд ли возможна их специализация на выращивании картофеля.

Деградация естественных лугов. Деградация естественных луговых угодий на прилегающих к сельским поселениям территориях вызвана сокращением поголовья крупного рогатого скота вообще и, особенно, в хозяйствах населения, поскольку эти угодья используют в первую очередь для нужд последнего. За период с 1990 по 2014 г. общая численность крупного рогатого скота на всей изучаемой территории снизилась в 2,0 раза. Площадь же луговых земель за это время уменьшилась лишь в 1,2 раза, вследствие

чего значительную их часть вообще перестали использовать под пастбища и сенокосы, что вызвало развитие на данных землях процессов закустаривания и заболачивания.

Доля крупного рогатого скота в хозяйствах населения в его общей численности за рассматриваемый период сократилась в 1,6 раза: с 12 % в 1990 г. до 7,4 % в 2014 г. Отмеченная категория скота практически перестала играть значимую роль в сохранении луговых угодий, все более существенное значение в данном отношении приобретает скот сельскохозяйственных организаций.

Соответственно, деградация естественной луговой растительности на прилегающих к сельским поселениям землях в решающей степени будет зависеть от наличия в их составе ферм крупного рогатого скота. У поселений, где такие объекты имеются, ее интенсивность должна быть ниже.

Всего в восточной части Припятского Полесья расположено 100 ферм крупного рогатого скота (табл. 5). Обеспеченность ими сельских поселений составляет в среднем 28 %.

В размещении ферм прослеживается прямая зависимость от величины населенного пункта. Обеспеченность ими сельских поселений последовательно снижается с 73 и 67 % в крупных поселениях до 50 % – в средних и 9 % – в малых поселениях. В такой же последовательности, очевидно, будут ухудшаться предпосылки сохранения луговой растительности на прилегающих к сельским поселениям угодьях.

Внутри рассматриваемой территории особенно низкой обеспеченностью сельских поселений фермами крупного рогатого скота выделяется Наровлянский район, в котором она ниже по сравнению с остальными районами в 2 раза и более. Самая высокая обеспеченность характерна для Житковичского района, где они имеются в каждом третьем сельском поселении.

Таблица 5. Распределение сельских поселений районов восточной части Припятского Полесья по наличию ферм крупного рогатого скота

Район	Сельские поселения с фермами крупного рогатого скота									
	всего		в том числе с численностью населения, чел.							
	ед.	%	до 100	101–500	501–1000	более 1000	ед.	%	ед.	%
Житковичский	35	33	7	15	19	40	8	80	1	50
Мозырский	26	28	4	7	14	54	6	75	2	100
Наровлянский	5	14	1	4	4	33	–	–	–	–
Петриковский	34	28	6	8	19	73	8	67	1	50
<i>Всего:</i>	<i>100</i>	<i>28</i>	<i>18</i>	<i>9</i>	<i>56</i>	<i>50</i>	<i>22</i>	<i>73</i>	<i>4</i>	<i>67</i>

Общее поголовье крупного рогатого скота в течение 1990-х годов уменьшалось, а в 2000-е годы стабилизировалось. Причем в сельскохозяйственных организациях произошел его рост, а в хозяйствах населения продолжился спад. Поэтому при сохранении предпосылок деградации луговых угодий вблизи большинства сельских поселений, где не имеется ферм крупного рогатого скота, общее их состояние на всей террито-

рии будет определяться сложившейся интенсивностью использования.

Показателем указанной интенсивности может выступить площадь луговых земель в расчете на 1 голову крупного рогатого скота. Среди районов минимальная величина данного показателя, а, следовательно, и наименьшая вероятность закустаривания и заболачивания этих земель, отмечаются в Мозырском районе – 0,5 га,

далее она возрастает в Житковичском районе – до 0,8, в Наровлянском районе – до 0,9 и в Петровиковском районе – до 1,0 га.

Радиационное загрязнение сельских поселений. В зоне радиоактивного загрязнения на исследуемой территории расположено

96 сельских поселений, что составляет 41 % от общего количества (табл. 6). Они размещаются в пределах трех районов – Житковичского, Мозырского, Наровлянского. Абсолютное большинство этих поселений ($\frac{2}{3}$) относится к категории малых.

Таблица 6. Распределение сельских поселений районов восточной части Припятского Полесья по территории с радиоактивным загрязнением

Район	всего	Сельские поселения					
		в том числе в зоне радиоактивного загрязнения					
		ед.	%	с численностью населения, чел.			
Житковичский	106	22	21	12	8	2	–
Мозырский	92	39	42	29	7	2	1
Наровлянский	35	35	100	23	12	–	–
<i>Всего:</i>	<i>233</i>	<i>96</i>	<i>41</i>	<i>64</i>	<i>27</i>	<i>4</i>	<i>1</i>

Особенно значимой является проблема радиоактивного загрязнения сельских поселений для Наровлянского района, где такое загрязнение, во-первых, распространяется на все подобные поселения, во вторых, характеризуется более высокой интенсивностью, находящейся по цезию-137 в диапазоне 5–15 КИ/км². В Мозырском районе данному загрязнению подвержено $\frac{2}{5}$ и в Житковичском районе $\frac{1}{5}$ их часть, и его плотность по цезию-137 ниже, нежели в Наровлянском районе (1–5 КИ/км²).

Размещение населенного пункта на территории с радиоактивным загрязнением не свидетельствует о наличии неприемлемого радиационного риска для проживающего в нем населения. За время, прошедшее после аварии на Чернобыльской АЭС, в Беларусь осуществлено отселение людей из поселений, находившихся в зоне с очень высоким уровнем радиоактивного загрязнения, для тех же из них, которые остались на территориях с меньшей его интенсивностью, реализованы меры по обеспечению радиационной безопасности.

Решение указанной проблемы стало главной целью специальных государственных программ для зоны радиоактивного загрязнения, которые выполняли в нашей стране в 1990-е и в первое десятилетие 2000-х годов. Однако затем

в аналогичной программе на 2011–2015 гг. и на период до 2020 г. основной упор был сделан не столько на радиационную безопасность, сколько на перевод данной территории к устойчивому социальному-экономическому развитию [3].

Произошедшая переориентация отмеченной государственной программы свидетельствует о том, что к 2010 г. в Беларусь созданы необходимые организационные механизмы для решения проблемы радиационной безопасности населения, проживающего на территории с радиоактивным загрязнением. Они предусматривают соблюдение определенных регламентов проживания, отдыха и трудовой деятельности людей, накладывают ограничения на отдельные виды природопользования (например, экологический туризм), предполагают контроль использования некоторых видов природных ресурсов (грибов, ягод, охотничьих животных) и др.

Выполнение указанных регламентов усложняет условия проживания населения и ведения природопользования на загрязненной радионуклидами территории. Определенную компенсацию этих сложностей должна, очевидно, обеспечивать реализация для нее упомянутых государственных программ. Для оценки их влияния на сельские поселения рассмотрена динамика численности проживающего в них населения (табл. 7).

Таблица 7. Динамика численности сельского населения Житковичского, Мозырского и Наровлянского районов по данным переписей 1989 и 2009 г.

Район	Численность сельского населения, чел.				Динамика численности, %	
	1989 г.		2009 г.			
	Всего	ПЗР3*	Всего	ПЗР3	Всего	ПЗР3
Житковичский	32 024	6031	21 948	4083	-31,5**	-32,3
Мозырский	24 399	7547	20 025	6002	-18,0	-20,5
Наровлянский	9106	9106	3261	3261	-64,2	-64,2
<i>Всего:</i>	<i>65 529</i>	<i>22 684</i>	<i>45 234</i>	<i>13 346</i>	<i>-31,0</i>	<i>-41,2</i>

* ПЗР3 – численность сельского населения, проживающего в зоне радиоактивного загрязнения.

** Знак (–) перед цифрой – уменьшение численности населения.

Судя по приведенным в таблице данным, во всех трех районах происходила убыль сельского населения, как в целом, так и проживающего в зоне радиоактивного загрязнения. При этом

в последнем случае фиксируются более высокие темпы. Вместе с тем их превышение в двух районах (Житковичском и Мозырском), где интенсивность радиоактивного загрязнения сравни-

тельно низкая, является несущественным – 2,5 и 0,8 % соответственно. В то же время в Наровлянском районе, в котором уровень загрязнения более высокий, темпы общего снижения численности сельского населения намного превышают аналогичные показатели Житковичского и Мозырского районов – в 2 и 3 раза соответственно.

Следовательно, влияние радиоактивного загрязнения территории на отток населения из сельских поселений проявляется только при его повышенном уровне (5–15 КИ/км² и выше). В противном случае скорость их депопуляции практически не отличается от таковой на «чистой» территории. Одновременно с высокими темпами снижения численности сельского населения в зоне радиоактивного загрязнения с его повышенным уровнем за рассматриваемый период происходило столь же интенсивное сокращение площади сельскохозяйственных земель: в Наровлянском районе – в 2 раза, в то время как в Житковичском и Мозырском районах – примерно в 1,1 раза. Подобная динамика сохранилась и в последующие годы.

Приведенные особенности динамики сельского населения и сельскохозяйственных угодий в зоне радиоактивного загрязнения свидетельствуют о необходимости учета существующих внутри ее различий в его интенсивности при оценке влияния данного вида загрязнения на сельские поселения. Для поселений, расположенных на территориях с его повышенной интенсивностью, характерна ускоренная депопуляция населения и вывод из оборота находящихся вокруг них сельскохозяйственных земель. В поселениях, которые находятся на территориях с низким уровнем радиоактивного загрязнения, подобные тенденции не прослеживаются.

Выводы

1. Сельские поселения восточной части Припятского Полесья располагаются большей частью (63 %) в пределах ландшафтов водно-ледниковых равнин, а также озерных и озерно-аллювиальных низин второй надпойменной террасы, что соответствует площади распространения этих ландшафтов.

2. Ландшафтными условиями поселений определяется низкая естественная защищенность грунтовых вод в их пределах и преобладание песчаных почв на приусадебных землях. Глубина залегания грунтовых вод до 2 м характерна для 55 %, а песчаные почвы для 86 % поселений, что свидетельствует о повышенной опасности на рассматриваемой территории загрязнения вод колодцев и дегумификации почв в случае недостаточного внесения органических удобрений. Последнее реально имеет место из-за резкого снижения поголовья крупного рогатого скота в хозяйствах населения – в 3,2 раза за последние 25 лет.

3. Произошедшее за 1990-е годы двукратное уменьшение общей численности крупного рогатого скота вызвало активизацию процессов деградации луговой растительности на прилегающих к сельским поселениям угодьях, которые перестали использоваться под сенокосы и пастбища. Сравнительно невысокая обеспеченность этих поселений животноводческими фермами (28 %) обуславливает широкое распространение таких процессов по всей территории. Дальнейшее сокращение численности сельского населения, особенно в малых поселениях, в сочетании со снижением поголовья крупного рогатого скота в хозяйствах населения приведет к активизации этих процессов.

4. Часть рассматриваемой территории входит в зону радиоактивного загрязнения, в пределах которой находится 41 % сельских поселений. Влияние данного вида загрязнения на эти поселения проявляется лишь при повышенном его уровне (5–15 КИ/км² и выше) и выражается в высоких темпах их депопуляции и вывода из оборота сельскохозяйственных земель.

5. Среди сельских поселений различной величины наиболее благоприятные условия для проживания людей и полного использования местных природных ресурсов имеют большие поселения благодаря их переводу на централизованное водоснабжение, которое устраняет проблему использования для питьевых нужд загрязненных вод, а также более высокой обеспеченности фермами крупного рогатого скота (72 %).

Л и т е р а т у р а

1. Агрехимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2007–2010) / под ред. И. М. Богдевича. – Минск, 2012.
2. Государственная программа социально-экономического развития и комплексного использования природных ресурсов Припятского Полесья на 2010–2015 годы : утв. Указом Президента Респ. Беларусь 29 марта 2010 г. № 161.
3. Государственная программа по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2011–2015 годы и на период до 2020 года : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 31 дек. 2010 г. № 1922.
4. Государственная программа по водоснабжению и водоотведению «Чистая вода» на 2011–2015 гг. : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 15 сент. 2011 г. № 1234.
5. Залудяк, Н. И. Экологические проблемы крупных сельскохозяйственных комплексов / Н. И. Залудяк, В. Г. Шевчук // 15-й Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, г. Минск, 24–29 мая 1993 г. – Минск, 1993. – Т. 1. – С. 409–410.
6. Никончик, П. И. Пути пополнения органического вещества и гумуса в пахотных землях Республики Беларусь / П. И. Никончик. – Земледелие и растениеводство. – 2008. – № 7. – С. 37–40.

7. **Оношко, М. П.** Азот и его минеральные формы в ландшафтах Белоруссии / М. П. Оношко. – Минск, 1990.
8. **Оценка** уровней нитратного загрязнения подземных вод, используемых для централизованного и нецентрализованного водоснабжения / В. И. Пашкевич [и др.] // Природные ресурсы. – 2003. – № 3. – С. 101–102.
9. **Привалов, Ф. И.** Плодородие почв и применение удобрений – основа стабильности земледелия / Ф. И. Привалов, В. В. Лапа // Земляробства і ахова распін. – 2007. – № 6. – С. 4–9.
10. **Струк, М. И.** Изменения в сельском расселении восточной части Припятского Полесья и их влияние на природопользование / М. И. Струк, Т. Г. Флерко // Природопользование. – 2014. – Вып. 25. – Минск, 2014. – С. 147–156.
11. **Струк, М. И.** Геоэкологическая оценка трансформации сельского расселения (на примере Петровского района) / М. И. Струк, Т. Г. Флерко, Д. П. Кузнецов // Природопользование. – 2015. – Вып. 27. – Минск, 2015. – С. 39–48.
12. **Тиво, П. Ф.** Экологические проблемы крупных животноводческих комплексов / П. Ф. Тиво // Весці Акадэміі аграрных наук Рэспублікі Беларусь. – 1994. – № 4. – С. 60–65.
13. **Флерко, Т. Г.** Ландшафтные условия размещения системы расселения Гомельской области / Т. Г. Флерко // Природопользование. – 2008. – Вып. 14. – Минск, 2008. – С. 38–45.
14. **Флерко, Т. Г.** Ландшафтно-экологические условия размещения сельских поселений Гомельской области и химическое загрязнение вод колодцев / Т. Г. Флерко, О. В. Шершнев // Природопользование. – 2012. – Вып. 21. – Минск, 2012. – С. 166–173.
15. **Шляхтуной, У. І.** Праблемы буйных жывёлагадоўчых комплексаў і шляхі іх вырашэння / У. І. Шляхтуной, С. І. Пляшчанка // Весці Акад. наук БССР. Сер. сельскагаспадарчых науку – 1988. – № 4. – С. 69–73.

¹Институт природопользования НАН Беларуси,

²Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

Поступила в редакцию 18.04.2016 г.

M. I. Струк, T. G. Флерко, D. P. Кузнецов

ЭКОЛОГО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РАЗМЕЩЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ

Выполнена оценка размещения сельских поселений восточной части Припятского Полесья по эколого-хозяйственным критериям. Выявлены особенности их распределения по ландшафтам, определяющим природные свойства этих поселений.

Установлена низкая естественная защищенность грунтовых вод в пределах рассматриваемых поселений и преобладание песчаных почв на приусадебных землях. Глубина залегания грунтовых вод до 2 м характерна для 55 % поселений, а песчаные почвы – для 86 % поселений.

Определена высокая опасность дегумификации почв приусадебных земель, а также деградации естественной луговой растительности на прилегающих к сельским поселениям угодьях в связи с существенным сокращением поголовья крупного рогатого скота за последние 25 лет – в 2 раза в целом и в 3,2 раза в хозяйствах населения.

Выявлена зависимость влияния радиоактивного загрязнения на сельские поселения от его интенсивности. Повышенная интенсивность (5–15 Ci/km² и выше) вызывает ускоренное сокращение численности их населения и вывод из оборота сельскохозяйственных земель.

M. I. Struk, T. G. Flerko, D. P. Kuznetsov

AN ECOLOGICAL AND ECONOMIC ESTIMATION OF RURAL SETTLEMENT ACCOMMODATION OF EASTERN PART OF PRIPYAT POLESIA

An estimation of rural settlement accommodation of eastern part of Pripyat Polesia by ecological and economic criteria is done. Peculiarities of its landscape distribution are identified, which determine natural features of its settlements.

A low natural groundwater protection under consideration within settlements and a predominance of sandy soils on private lands is established. Depth of groundwater occurrence up to 2 m is typical for 55 % of settlements, and sandy soils – to 86 % of settlements.

A high insecure of soil dehumification of homestead lands and degradation of a natural meadow vegetation on surrounding rural settlements lands due to a significant reduction in the number of cattle in the last 25 years – in 2 times in total and in 3.2 times in households is identified.

A dependence of radionuclide contamination influence on agricultural settlements from its intensity is identified. An increased intensity (5–15 Ci / km² or more) causes accelerated reduction of the number of their population and output from circulation of agricultural lands.

А. А. Мозговой, Л. Г. Руденко

КОНФЛИКТЫ В ГОРОДСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ И ИХ ПРОЯВЛЕНИЯ В УКРАИНЕ

Освещены вопросы конфликтности городского пространства как сложной открытой общественно-территориальной системы. Определены основные понятия системы конфликтного взаимодействия в городском пространстве. Предложено и апробировано применение контент- и ивент-анализа в современных географических исследованиях.

Введение. Многие из современных городов имеют тысячелетнюю сложную историю развития, которая сопровождалась их экономическим подъемом или упадком. В современном городе происходит концентрация не только населения, капитала, социальной и промышленной инфраструктуры, но и отходов жизнедеятельности человека: накопление твердых и жидкых, зачастую опасных, отходов; происходят выбросы жидких и газообразных отходов производства в водные объекты и воздушное пространство; сокращаются площади зеленых насаждений. Возникает отчужденность человека от компонентов природы. Все эти процессы неблагоприятно скзываются на условиях жизни населения. Тем не менее численность городов растет, увеличивается и концентрация населения в них. Просмотр географических, градостроительных, экономических, гуманитарных и социологических публикаций подтверждает, что в последние десятилетия проблемы развития городов выходят на первый план. Город рассматривается как феномен современного мира. Города развиваются по своим законам и имеют огромное влияние не только на прилегающие территории, но и становятся центрами влияния на глобальные процессы, приобретая новые или модернизируя старые свои функции.

Всю историю человеческой цивилизации процесс городского развития сопровождался противоречиями, часто переходя в их острую форму – конфликты. Многие специалисты относят города к конфликтогенным пространствам с особыми условиями развития.

Онтология конфликта издавна интересовала специалистов различного профиля: в первую очередь философов, а также психологов, социологов, политологов, культурологов и представителей многих других гуманитарных областей знаний. Особое место в изучении природы конфликтов занимают математические изыскания, особенно в области теории игр. Некоторая разобщенность и разнородность научного знания о природе конфликтов, а также увеличивающаяся их острота и пагубность последствий влияния на

жизнь людей вызвала острую потребность в его обобщении и систематизации.

Географическое исследование конфликтов не ограничивается сегодня только областями политической географии и geopolитики. Все большую актуальность приобретают географические исследования конфликтов в области природопользования, совершенствуются способы их картографирования. Аксиомой является то, что при природопользовании всегда возникает конфликтная ситуация. Она находит свое выражение в различных аспектах: экономических, социальных и особенно экологических [4, 8]. Именно последствия экономического и технического прогресса привели к глобальным проблемам человечества. Отметим, что нынче «существующим противоречиям между экономическим ростом и сохранением биосферы, обеспечивающей выживание человечества, решения нет» [5].

Проблематика конфликтов городского пространства охватывает широкий круг теоретических и прикладных вопросов, исследование которых основывается на таких концептах и базовых научных категориях, как «система», «развитие» и «пространство». Географическая сущность каждого из них наполнена множеством понятий, терминов и причинно-следственных связей. Ярким примером географических объектов, которые можно рассматривать как территориальные системы, является город.

Основная часть. Среди многочисленных признаков сложной системы, коей является город, в научной литературе чаще других упоминаются открытость такой системы, ее способность к саморазвитию и самоорганизации. Все эти черты присущи системе города: во-первых, город всегда был и является открытой системой, фактически «системой в системе» – в системе поселений; во-вторых, любому городу присуще саморазвитие и самоорганизация. Город как «двигатель прогресса» нельзя представить статичным, он должен развиваться и развивать прилегающие территории. Саморазвитие конкретного города обусловлено как внутренними факторами, так и внешними воздействиями, которые

можно рассматривать как проявления саморазвития систем поселений, скорее, систем расселения высшего уровня (региональных, национальных). Поэтому очень трудно исследовать процессы саморазвития и определить направления развития города или группы городов, не учитывая системности их существования и взаимодействия.

В настоящее время в отечественной общественной географии в качестве общего определения системных объектов чаще используется понятие «общественно-территориальная система», объединяющая производственные, социальные, поселенческие и природные элементы. При исследовании отдельных элементов общественно-территориальной системы на первый план выступают их функции. Подобные образования имеют свою систематику и, таким образом, «конкретными типами общественно-территориальных систем являются производственно-территориальные комплексы и системы, территориальные системы расселения, территориальные рекреационные системы, транспортные системы регионов, города» [3].

Сложные городские образования, как уже отмечалось, имеют свою историю развития. Исходя из современного общенаучного представления о развитии [10], под *городским развитием* мы понимаем необратимые, закономерные и направленные изменения общественно-территориальной организации городского пространства. Этот процесс сопровождается постоянной трансформацией поселенческой сети с перемещением населения в города, существенным изменением образа его жизни.

В данном исследовании мы используем следующий понятийно-иерархический ряд: *пространство–географическое пространство–городское пространство*. Итак, географическое пространство (геопространство) мы рассматриваем как составляющую физического пространства. В современной украинской географической науке под географическим пространством понимают «множество географических объектов, которые имеют свое местоположение, и множество отношений между ними» [7].

Исходя из того, что «территориальность, привязка к территории является прямым признаком географических исследований и географических объектов, совмещения и наложения различных видов пространства очевидное» [4], поэтому городское пространство мы рассматриваем как составляющую географического пространства.

Структурная сложность городских систем приводит к «вертикальным» и «горизонтальным» противоречиям между иерархически разными элементами; функциональная сложность вызывает противоречия, связанные с качественно разной, а иногда противоположной направленно-

стью процессов функционирования системы; динамическая сложность порождает противоречия диссонансно-резонансного характера, связанные с аритмичностью процессов, несовпадением их временных параметров и несинхронизированностью взаимосвязанных процессов. Острыми проявлениями таких противоречий являются конфликты.

В процессе накопления и обобщения человечеством научного знания становится все более очевидным, что концепты «развитие» и «конфликт» находятся в диалектическом единстве. С одной стороны, конфликт внешне отрицает развитие, а с другой – выступает неотъемлемым его атрибутом и даже необходимым условием. Среди всего множества современных научных определений конфликта наиболее приемлемым для нашего исследования мы считаем следующее: конфликт – это «противодействие двух или более субъектов, а иногда процессов, претендующих на предопределенное ими состояние действительности» [2].

Конфликтующими сторонами в городской системе могут выступать субъекты хозяйственной деятельности, органы управления, общественные группы, отдельные лица и даже технические системы. Как отмечалось выше, городские конфликты чаще всего возникают как результат обострения противоречий развития городской системы. Конфликтовать между собой могут также различные виды развития города, т. е. территориальный, демографический, функциональный, а также социально-экономическое развитие.

К конфликтной ситуации может приводить и конкуренция между субъектами. Однако, по нашему мнению, не следует отождествлять конкуренцию с конфликтом, так как сама по себе состязательность между субъектами за улучшение условий функционирования в пределах городского пространства за ресурсы развития или достижение определенного состояния действительности не обязательно приводит к конфликту. Основными отличительными чертами конкуренции и конфликта является то, что при конкуренции субъекты действуют каждый «на своем поле», а также то, что действия для обеспечения успеха имеют положительный характер. Интересным аспектом этого вопроса является конкуренция между городами как экономическими системами, а также образами и брендами городов. Эта проблематика требует отдельного исследования.

При характеристике конфликтного взаимодействия в городском пространстве важным является разграничение таких понятий, как «конфликтная ситуация», «конфликтность» и «конфликтогенность» [1, 6]. Остановимся на них

более подробно.

Конфликтная ситуация – это стечание обстоятельств, условий, объективно содержащее явные предпосылки для конфликта и провоцирующее деструктивные действия сторон, т. е. возникновение конфликта. Конфликтная ситуация выступает предпосылкой реального конфликта. Часто ее ассоциируют с собственно конфликтом, что является ошибочным представлением, так как конфликт может иметь неявную, скрытую, латентную фазу. Такая фаза является неявной для стороннего наблюдателя, поэтому может остаться незамеченной. Конфликтная ситуация в городском пространстве сигнализирует о неотложной необходимости вмешательства со стороны муниципалитета. Конфликтам между частными и общественными интересами горожан, между различными городскими подсистемами всегда предшествует конфликтная ситуация. Можно утверждать, что решение конфликтных ситуаций – показатель эффективности городской власти.

В свою очередь, **конфликтность** – это показатель, характеризующий частоту и остроту возникновения и течения конфликтов в городе, степень вовлеченности в конфликтное взаимодействие субъектов. Выделяют низкую, среднюю, приемлемую и высокую конфликтность. Центральной детерминантой конфликтности является система противоречий, возникающих в процессе городского развития и воспроизведения предметного плана социально-экономической активности. Уровень эмерджентности в развитии города как системы и степень эффективности совместной деятельности субъектов городской среды выступают ведущими факторами, определяющими содержательные причины и интенсивность конфликтности в городе. На примере ис-

следования других сложных систем конфликтологами было замечено, что определенный уровень конфликтности не является фактором дезинтеграции высокоеффективной системы. Такой уровень конфликтности является приемлемым для функционирования системы.

Учитывая вышеизложенное, под **конфликтогенностью городского развития** мы предлагаем понимать потенциал возможных конфликтов, возникающих в процессе взаимодействия субъектов городского развития. Конфликтогенность влияет на состояние городской среды и проявляется в мобилизации пространственных, материальных и нематериальных ресурсов, асимметричности деструктивных действий, что может привести к пагубным последствиям для сторон – носителей интересов. Конфликтогенность может характеризовать потенциал конфликтного взаимодействия на территории: города в целом, отдельного района, зоны влияния города.

Отдельной проблемой в исследовании конфликтов в городском пространстве является вопрос об их систематике. В современной научной практике систематизации конфликтов существует множество подходов. Это обусловлено достаточно широким кругом наук и отраслей знаний, изучающих конфликты – от психологии до теории международных отношений. Проанализировав и сравнив существующие классификации конфликтов, предложенные представителями разных наук, мы пришли к выводу, что для нужд географического исследования конфликтов могут быть использованы далеко не все из них. Наиболее приемлемые для задач нашего исследования варианты систематизации конфликтов приведены на рис. 1.

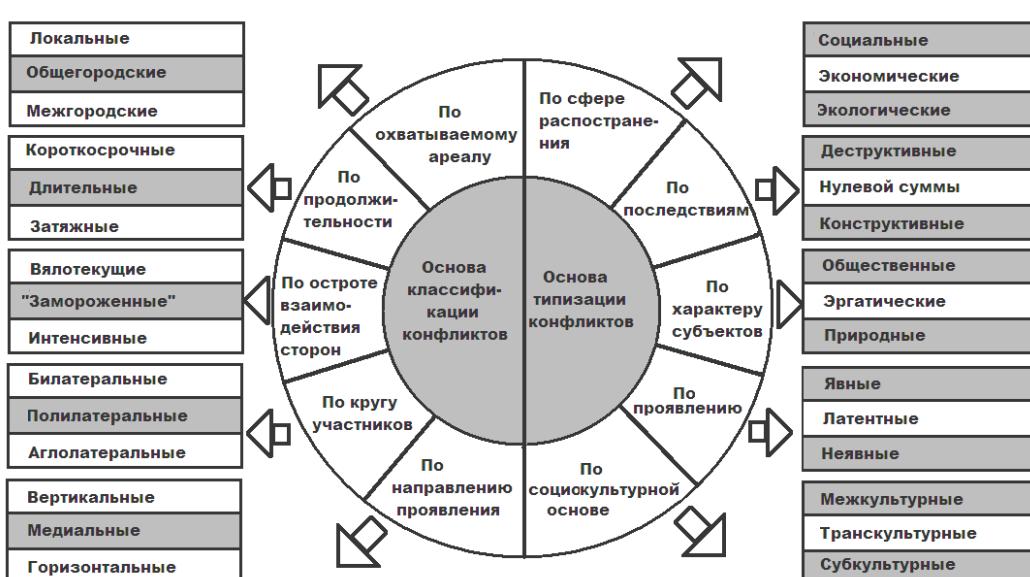


Рис. 1. Основные подходы к систематизации городских конфликтов

Из содержания рисунка вытекает, что при систематизации конфликтов городского пространства дедуктивным путем исследователь получает возможность оперировать конкретными пространственно-часовыми таксонами (классами) конфликтов. Из нашего опыта, различные классификации конфликтов более эффективно применимы на первых полевых этапах исследования. И напротив, на более поздних этапах, двигаясь индуктивным путем, исследователь открывает возможности более эффективного применения таксонов качественного характера (типов) конфликтов городского пространства.

Процесс систематизации конфликтов предусматривает глубокий подход к идентификации объекта и субъектов, предпосылок и последствий конкретного конфликта, развивающегося в городском пространстве. Поэтому при исследовании городских конфликтов незаменимой становится триада классических методов: описательно-географического, историко-географического и сравнительно географического. «Паспортизация» городских конфликтов, проведенная при помощи вышеупомянутых методов, позволяет географу довольно четко определить масштабы влияния того или иного конфликта на городское развитие. Иными словами, географическая «привязка» общенациональной типизации конфликтов, по нашему мнению, создает новые исследовательские возможности. Наиболее ярко проиллюстрировать это можно на примере исследования эргатических конфликтов, т. е. конфликтов различных городских подсистем, где субъектность в традиционном представлении как таковая отсутствует. Именно география имеет широкий инструментарий для таких исследований, чего не скажешь, например, о науках общественно-гуманитарного цикла.

Неоценима роль географии и при исследовании экологических конфликтов в городском пространстве. Именно «городские поселения являются главными центрами локализации противоречий между человеческим обществом и окружающей средой» [11]. В первую очередь это касается промышленных центров, узлов и агломераций, приуроченных к большим городам.

Говоря об экологических конфликтах в городском пространстве, заметим, что город потребляет для своего развития ресурсы, которые создаются на огромных пространствах природных комплексов, имеющих площадь несопоставимо большую по сравнению с городом. И при этом именно в городах продуцируется основная часть токсичных промышленных отходов и бытового мусора. Общеизвестно, что в городах производится около 80 % углекислого газа на планете, что является главным фактором возникновения парникового эффекта. Массы отходов не в состоянии ассимилировать городская среда, поскольку ее экологическая

емкость несопоставимо меньше антропогенных нагрузок. Таким образом, техногенное напряжение в городе постоянно растет.

Стоит упомянуть также факторы техногенных экологических рисков, концентрирующиеся в городском пространстве. Например, в Украине к таким можно отнести наличие около 20,9 млн т опасных отходов, из которых 35,5 тыс. т – отходы I класса опасности и 2,3 млн т – II класса опасности; наличие свыше 1 тыс. производств, которые используют или сохраняют опасные химические вещества; наличие свыше 14,5 тыс. потенциально опасных промышленных объектов и пр. Износ основных промышленных фондов в среднем по стране превышает 60 % [9]. В 2013 г. в Украине зафиксировано 143 чрезвычайные ситуации техногенного, природного и социального характера, которые повлекли за собой человеческие жертвы и финансовые потери [11]. При этом практически все техногенные источники экологического риска (опасные производства, полигоны токсических отходов, дамбы, тепловые и атомные электростанции, транспортные хабы и пр.) часто находятся в городской черте.

Таким образом, географическое исследование экологических конфликтов городского пространства может быть важным шагом к их регулированию и упреждению.

Переходя от общих вопросов городского развития к прикладному уровню исследования, заметим, что Украина сегодня является высокорурбанизированной страной. Хотя по официальным данным в ее городских поселениях проживает чуть более 69 % населения (на 1 января 2015 г.) [12], этот показатель не отражает реальных последствий урбанизации, так как опирается на формальный признак административной регистрации места проживания граждан. По нашим оценкам, уровень урбанизированности Украины давно уже достиг 75 %, т. е. фактически страна по этому показателю находится среди наиболее урбанизированных наций мира. Естественно, что и все проблемы и негативные последствия урбанизации имеют острое проявление в Украине.

Все предыдущие периоды трансформационных процессов в Украине, особенно в последние годы, привели к устойчивому снижению численности ее населения вследствие миграций и природного воспроизводства, выраженной диспропорции социально-экономического развития городов, сел и регионов, коренному изменению структуры производства, нарушению определенных эволюционных процессов урбанизации и субурбанизации, развитию пригородных зон больших городов, упадку многих городских поселений – и все это на фоне старения основных фондов производства, а также производственной, транспортной и технической инфраструктуры. Интересы частных инвесторов (особенно олигар-

хов) «разорвали» внутреннюю структуру планировки в больших городах. Без сомнения, все эти процессы существенно изменили бытые функции городов.

Общеизвестно, что выход из экономических кризисов находили через перестройку экономики городов и изменение их функций. Примеров есть много: в Европе и Америке. Для Украины давно назрели смена парадигмы развития экономики и переход на сбалансированное экономическое, социальное и экологическое развитие (*sustainable development – устойчивое развитие*), что вызвано изменившимися отношениями к компонентам природы и в целом к среде обитания человека. Промышленные города Украины, в основе которых находится переработка сырья, при насыщении их автомобилями становятся все меньше пригодными для жизни людей. И молодые люди, используя Болонский процесс обучения, уже не хотят жить в таких городах. Да и старшее поколение предпочитает находиться на дачных участках.

Военный конфликт в Донецкой области привел к снижению объемов производства в химической промышленности в 3,9 раза, пищевой промышленности – в 3,2 раза, добывающей промышленности и разработке карьеров – в 2,3 раза, производстве кокса – на 49,2 %. Подобная ситуация наблюдается в машиностроении, металлургии и других отраслях [9]. Военные действия в Донбассе привели к разрушению всей инфраструктуры во многих городах, к коренному изменению системы расселения региона вследствие миграции населения и его организованного переселения из зоны военных действий. Из городов, находящихся в зоне конфликта, выведен целый ряд институтов НАН Украины и высших учебных заведений. Теперь их сотрудники и студенты проживают, работают, учатся в других городах Украины. Часть населения Донбасса переехала в Россию, Беларусь, Польшу и другие государства. В восстановлении отдельных городов Донбасса предстоит создать совершенно новые секторы экономики, базирующейся на предприятиях с новыми технологиями, что приведет к формированию совершенно новых функций городов Донбасса.

В настоящее время в Украине насчитываются 460 городов (на 1 января 2016 г.). Из них 45 относят к категории больших, т. е. имеющих численность населения более 100 тыс. человек. Географически большинство из их числа расположено на востоке и юге страны. Эта группа городов отличается от других высоким уровнем социально-экономического развития, однако одновременно большим городам присуща значительная внутригрупповая пестрота условий городской среды. На фоне больших городов Украины по социально-экономическим условиям развития четко контрастируют города-миллионеры (в смысле статуса, а не количе-

ственной характеристики населения) и областные центры. Именно в них наблюдается наибольшая событийная активность в Украине. Именно в них принимаются решения относительно направлений развития территории государства. И именно в них чаще всего происходит столкновение интересов, как частных с общественными, так и местных с национальными.

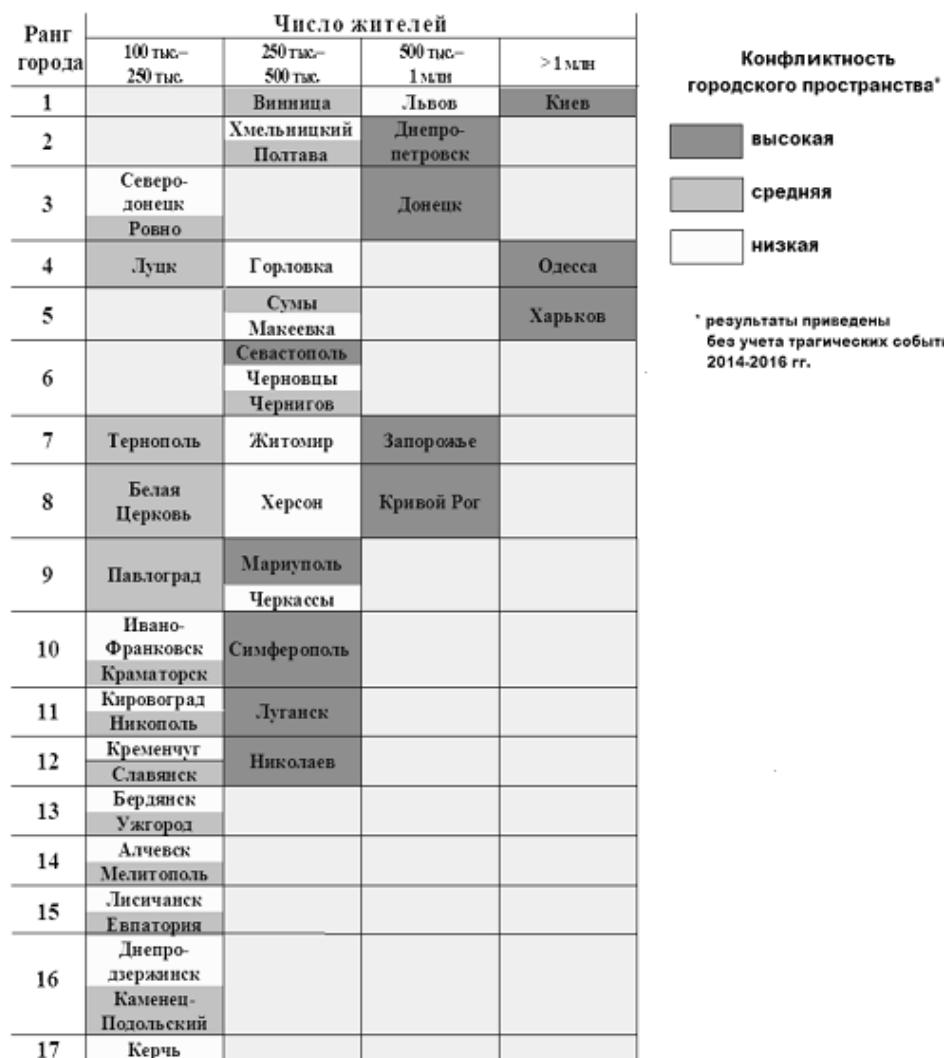
Проверка вышеизложенной рабочей гипотезы требует адекватного методического аппарата. Национальная статистика не предусматривает сбора данных, касающихся конфликтов. Существующая статистика, отражающая криминогенную ситуацию в населенных пунктах раскрывает конфликтность лишь частично, и в основном касается межличностных конфликтов. Поэтому для нужд данного исследования были привлечены следующие методы. Метод контент-анализа был использован на этапе сбора первичной информации; метод ранжирования – на этапе систематизации собранной количественной информации; метод ивент-анализа – на этапе коррекции и валидизации полученных результатов.

На первом этапе в качестве категории контент-анализа была принята конфликтность городской среды больших городов Украины. В качестве смысловых единиц – фрагменты текста, содержание которых отражает категорию анализа. Единицами счета были определены следующие лексемы и словосочетания: «конфликт», «конфликтная ситуация», «столкновение интересов», «противоречие». Временной интервал исследования: 1 января 2000 г. – 1 января 2014 г. С помощью метапоисковых, а также информационно-поисковых систем был проведен контент-анализ открытых интернет-ресурсов по каждому из 45 городов.

Сегодня не существует каких-либо баз данных конфликтных ситуаций по городам как категории поселений, а также по отдельным городским населенным пунктам, поэтому осуществлялся контент-анализ всего массива информации, размещенного в глобальной сети за определенный временной интервал. В таких условиях возможно говорить лишь об уровне происхождения (значения) информации о конфликтной ситуации в городском пространстве: региональном, национальном или международном (глобальном).

На втором этапе было проведено ранжирование больших городов Украины по количественному показателю упоминаемости единиц счета: выделены низкий (до 5 тыс. совпадений), средний (от 5 до 10 тыс. совпадений) и высокий (от 10 тыс. совпадений) уровни конфликтности.

На завершающем этапе была осуществлена коррекция результатов ранжирования с помощью ивент-анализа (значимости событий для города, региона, государства в целом) и валидизация (логическая проверка правильности связей). Полученные результаты изложены на рис. 2.



* результаты приведены
без учета трагических событий
2014-2016 гг.

Рис. 2. Конфликтность городского пространства в больших городах Украины

Интерпретируя полученные результаты, отметим, что наивысшую конфликтность городской среды имеют города-миллионеры – все пять городов этой группы имеют высокий уровень конфликтности. Значит, в этой части наша рабочая гипотеза нашла подтверждение. Касательно областных центров, ситуация не так однозначна. Города этой категории распределились между тремя группами следующим образом: с высокой конфликтностью – 10 городов, со средней – 8, с низкой – 8, т. е. почти равномерно. Наивысшей конфликтностью среди областных центров характеризуется Киев, самой низкой – Ужгород, уступая по этому показателю значительно меньшим городам.

Кроме того, в группе с высокой конфликтностью оказались оба больших крымских города – Симферополь и Севастополь. Сейчас становится очевидным, что такие результаты можно было воспринимать как определенное предостережение сложившейся сегодня в АР Крым ситуации. Также к этой группе были от-

несены крупные промышленные центры (Кривой Рог и Мариуполь).

Интересным является то обстоятельство, что все «региональные столицы» находятся в группе с высокой конфликтностью, все кроме одной – Львова. Такой результат мы связываем с повышением в последние годы эффективности муниципального управления в этом городе. Тоже, по нашему мнению, касается и Винницы, которая «открывает» группу крупных городов с низкой конфликтностью среды. Как и Львов, Винница в своей группе значительно превосходит остальные города по численности населения, то есть эти два города являются скорее «исключениями из правил».

Определенная географическая закономерность прослеживается в том, что все крупные северные города – историко-географически это города Волыни, Полесья и Сиверщины – характеризуются сравнительно низкой конфликтностью среды. Таким образом, низкононфликтная зона прослеживается субширотно – от Сум до

Луцка. Наименьшая конфликтность среди крупных городов Украины по результатам проведенного анализа фиксируется в город Каменец-Подольский. Этот город имеет также наименьшую численность населения в этой категории городов. Определенными «метеорами» в своей группе выглядят города Северодонецк и Керчь. Их сравнительно «высокое» положение в шкале конфликтности, по нашему мнению, можно объяснить определенной информационной инерцией событий 2003–2004 гг. (конфликтная ситуация вокруг о. Тузла и общенациональное внутриполитическое противостояние после президентских выборов 2004 г.).

Хотя полученные предварительные результаты подверглись коррекции и приобрели определенную степень валидности и репрезентативности, применяемая методика, по нашему мнению, имеет ряд недостатков. В частности: значительная зависимость результатов от языка поиска, невозможность устранения «информационного шума», невозможность задания четких временных рамок поиска. Последний недостаток требует значительных усилий со стороны исследователя. Так, например, в этом конкретном исследовании мы попытались не учитывать трагические события на юге и востоке Украины 2014 г., иначе результаты были бы совсем другими.

Относительно перспектив работы отметим, что на последующих этапах исследования предусматривается определить приемлемую конфликтность городской среды городов Украины.

Выводы

1. Определено, что конфликты являются не только следствием динамичного городского развития, но и необходимым его условием. По нашему мнению, принципиальным является осознание среди широких кругов урбанистов неизбежности конфликтов в процессе развития города. Конфликтогенность является неотъемлемой атрибутивной чертой городского развития. Именно из-за экономических, социальных и экологических конфликтов, возникающих в процессе функционирования городской системы, находятся возможности и мобилизуются ресурсы для развития как отдельного города, так и целых городских сетей.

2. Установлено, что в национальной статистической системе Украины отсутствуют данные,

которые непосредственно или опосредованно характеризовали бы конфликтность в населенных пунктах. В таких условиях, как мы полагаем, при общественно-географическом исследовании городских конфликтов сбор данных для нужд исследования должен опираться не так на национальную систему статистики, как на другие «нетрадиционные» для географии методы. Речь идет в первую очередь о таких методах, как контент- и ивент-анализ, системно-ситуативный анализ и о целой группе социологических методов исследования конфликтного взаимодействия. Особое значение при исследовании конфликтов приобретают извечные географические методы, такие как описательно-географический, историко-географический, сравнительно-географический и картографический.

3. Выявлено, что не существует прямой корреляции между численностью населения города и интенсивностью конфликтного взаимодействия в нем. Невозможно утверждать, что острота конфликтов в конкретном городе каким-то образом коррелируется с его величиной. Однако частота возникновения конфликтных ситуаций в городах-миллионерах значительно выше, чем в других подгруппах больших городов. При этом при зонировании конфликтности территории крупных городов были выявлены следующие территориальные закономерности: высокой конфликтностью характеризуются центральные и пригородные зоны больших городов, в то время как средние и периферийные зоны не отличаются высокой частотой возникновения конфликтных ситуаций и реальных конфликтов.

4. Прослежено влияние конфликтов на формирование условий жизни населения крупных городов. При сравнительно высоком уровне жизни жителей больших городов, значительное число конфликтогенов в городской среде и общий высокий потенциал конфликтного взаимодействия в больших городах создают кумулятивное негативное влияние на формирование условий жизни населения крупных городов. Это находит свое проявление на уровне как межличностного взаимодействия, так и взаимодействия количественно значительных социокультурных сообществ горожан.

Литература

1. Анцупов, А. Я. Словарь конфликтолога / А. Я. Анцупов, А. И. Шипилов. – М., 2010.
2. Всемирная энциклопедия. Философия. – М., 2001.
3. Паламарчук, М. М. Економічна та соціальна географія України з основами теорії / М. М. Паламарчук, О. М. Паламарчук. – Київ, 1998.
4. Руденко, Л. Г. Сучасні просторові дослідження: виклики та відповіді / Л. Г. Руденко, Є. О. Маруняк // Українська географічний журнал. – 2011. – № 3. – С. 38–41.
5. Руденко, Л. Г. Ноосферна філософія В. І. Вернадського – фундамент сталого (збалансованого) планетарного розвитку / Л. Г. Руденко // Український географічний журнал. – 2013. – № 2. – С. 7–12.
6. Соціологія : енциклопедія / сост. А. А. Гриценов, В. Л. Абушенко, Г. М. Евелькін, Г. Н. Соколова, А. В. Терещенко. – Мінск, 2003.

7. Топчієв, О. Г. Суспільно-географічні дослідження: методологія, методи, методики / О. Г. Топчієв. – Одесса, 2005.
8. Україна: основні тенденції взаємодії суспільства і природи у ХХ ст. (Географічний аспект) / Нац. акад. наук України, Ін-т географії ; під ред. Л. Г. Руденка. – К., 2005.
9. Україна у цифрах – 2014 / за ред. І. М. Жук ; Державна служба статистики України. – К., 2015.
10. Філософський енциклопедичний словник / Ін-т філософії ім. Г.С. Сковороди Нац. акад. наук України ; під ред. В. І. Шинкарука. – К., 2002.
11. Функції городів и их влияние на пространство / под ред. Л. Г. Руденко. – К., 2015.
12. Чисельність наявного населення України на 1 січня 2015 / Відп. за вип. Г. М. Тимошенко ; Державна служба статистики України. – К., 2015.

Институт географии НАН Украины

Поступила в редакцию 04.04.2016 г.

A. A. Мозговой, Л. Г. Руденко

КОНФЛИКТЫ В ГОРОДСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ И ИХ ПРОЯВЛЕНИЯ В УКРАИНЕ

Освещены географические аспекты конфликтности городского пространства как сложной открытой общественно-территориальной системы. Прослежен понятийно-иерархический ряд: пространство–географическое пространство–городское пространство. При составлении характеристики конфликтного взаимодействия в городском пространстве разграничены такие понятия, как «конфликтная ситуация», «конфликтность», «конфликтогенность». Обобщены основные подходы к систематизации городских конфликтов. Определено, что конфликты являются не только следствием динамичного городского развития, но и необходимым его условием.

Установлено, что в национальной статистической системе Украины отсутствуют данные, которые непосредственно или опосредованно характеризуют конфликтность в населенных пунктах. Предложено и апробировано на примере больших городов Украины применение контент- и инвент-анализа в географических исследованиях конфликтности городского пространства.

Выявлено, что не существует прямой корреляции между численностью населения города и интенсивностью конфликтного взаимодействия в нем. Однако частота возникновения конфликтных ситуаций в городах-миллионерах значительно выше, чем в других подгруппах больших городов. При этом при зонировании конфликтности территории крупных городов выявлены следующие территориальные закономерности: высокой конфликтностью характеризуются центральные и пригородные зоны больших городов, в то время как средние и периферийные зоны не отличаются высокой частотой возникновения конфликтных ситуаций и реальных конфликтов.

A. A. Mozgovoyi, L. G. Rudenko

CONFLICTS IN URBAN SPACES AND THEIR MANIFESTATIONS IN UKRAINE

The article is devoted to a geographical study of urban space conflict as a complicated open social and territorial system. A conceptual and hierarchical raw is traced: space and geographical space, urban space. In the process of studying of urban conflict we also demarcated such concepts as "conflict situation", "frequency of conflicts", "risk of conflicts". Main approaches to a systematization of urban conflicts are summarized in the article. Main approaches of city conflicts systematization are summarized. It is determined that conflicts are not only a result of dynamic city development, but it's important circumstance.

It is established that there are no data in Ukrainian national statistics system, which directly or indirectly characterize conflictness in settlements. A use of content- and invent-analysis in geographical research of urban spaces conflictness is proposed and tested on an example of Ukrainian big cities.

It is identified, that there is no direct correlation between of the city's population size and the intensity of the conflict interaction in it. However a frequency of conflicts is much higher in cities with a population of over a million inhabitants than in the other groups of large cities. Also if zoning the metropolitan area according to frequency of conflicts, territorial regularities are identified: a high conflict environment – downtown area and suburban areas of large cities; with moderate conflict environment – middle districts and peripheral areas of cities.

И. В. Чернова

ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ (НА ПРИМЕРЕ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Проанализировано загрязнение грунтовых вод и почв в районах размещения полигонов твердых коммунальных отходов на территории Минской области. Рассчитаны суммарные индексы загрязнения и экологические риски от полигонов. Проведена дифференциация полигонов по степени экологических рисков.

Термин «РИСК» обозначает вероятностный характер исхода и чаще всего под этим словом понимают вероятность получения неблагоприятного результата (потерь), хотя его можно описать и как вероятность получить результат, отличный от ожидаемого [1]. Экологический риск, как вероятность нанесения определенного ущерба природной среде и здоровью людей, сопровождает практически любые виды человеческой деятельности. Применительно к проблеме, связанной с полигонами твердых коммунальных отходов (ТКО), основными факторами экологического риска являются фильтрат (минерализованный раствор с общим солесодержанием до 14–25 г/дм³) и свалочный газ (биогаз) [4–6].

Главным недостатком депонирования отходов на полигонах является длительный период полной деструкции отходов в анаэробных условиях продолжающийся нескольких сотен лет [4, 6]. Гарантировать надежность работы природоохранных сооружений в течение такого срока не реально, поскольку самая качественная противофильтрационная система перестанет выполнять свои защитные функции по причине естественного процесса старения. Кроме того, анализ имеющейся информации о полигонах, мировой опыт сооружения подобных объектов свидетельствуют о том, что на сегодняшний день никакие инженерно-технические сооружения не способны на 100 % защитить подземные воды и почвы от загрязнения их фильтратом даже на ранних стадиях функционирования полигона.

Для Минской области проблема захоронения отходов особенно актуальна, так как большинство полигонов ТКО исчерпали свой резерв с точки зрения срока эксплуатации. Кроме того, строительство многих из них осуществлялось без предварительных инженерно-геологических изысканий, без разработки проектов в силу чего многие из них не соответствуют современным экологическим требованиям, о чём свидетельствуют данные мониторинга.

В этой связи, актуальность оценки геоэкологических рисков от полигонов очевидна, так как она позволяет установить факторы, влияющие на степень загрязнения компонентов окружающей среды, и определить перспективные способы минимизации риска при строительстве новых полигонов. Аналогичные ис-

следования проводились «БелНИЦ «Экология» в рамках выполнения Государственной научно-технической программы «Экологическая безопасность» в 2009–2010 гг. [6]. За прошедший период в Минской области коммунальные отходы продолжали накапливаться на полигонах, в то же время произошли существенные изменения в сфере обращения с отходами: утверждены территориальные программы в области обращения с отходами, создается система раздельного сбора и вовлечения отходов в хозяйственный оборот в качестве вторичных материальных ресурсов (ВМР). Совершенствуется инфраструктура: растет обеспеченность контейнерами для сбора и транспортировки отходов; создаются станции пункты сортировки (досортировки) раздельно собранных отходов, продолжает развиваться система заготовительных пунктов вторсырья; ведется активная работа по организации сбора от населения опасных отходов, входящих в состав ТКО.

С учетом изложенного основными задачами исследований являлись: оценка геоэкологического риска захоронения отходов; дифференциация полигонов по степени геоэкологического риска; разработка возможных направлений действий по минимизации экологических рисков.

Методика и объект исследования. В качестве объектов исследования определены 10 полигонов ТКО расположенных на территории Минской области, с объемом ежегодно захораниваемых отходов свыше 15 тыс. т, характеризующихся различными геолого-гидрогеологическими условиями в местах их локализации и разной обеспеченностью средозащитной инфраструктурой (табл. 1).

Для оценки геоэкологических рисков и ранжирования полигонов использована методика РУП «БелНИЦ «Экология», которая учитывает совокупность прямых (суммарные индексы загрязнения грунтовых вод и почв) и косвенных (объем накопившихся отходов и доля экологически опасных отходов, депонируемых на полигонах ТКО) показателей [6]. Преимущество данной методики очевидно, так как она включает оценку рисков от загрязнения нескольких компонентов (почв и грунтовых вод) и опирается на санитарно-гигиенические нормативы качества окружающей среды.

Таблица 1. Перечень исследуемых полигонов ТКО, особенности геолого-гидрогеологических условий в местах их локализации и обеспеченность средозащитной инфраструктурой

Группа полигонов	Полигоны ТКО	Глубина залегания грунтовых вод, м	Геолого-генетические комплексы пород, залегающие в основании полигона	Наличие (отсутствие) противофильтрационного экрана
I	г. Борисов	4,0–11,2	Флювиогляциальные отложения. Пески с глинистыми вкраплениями, перекрытые болотно-аллювиальными образованиями	Не оборудован
II	г. Молодечно г. Солигорск	2,8–3,3 1,4–10,0	Флювиогляциальные отложения. Пески мелкой и средней зернистости и плотности	Не оборудованы или частично оборудованы
III	г. Вилейка г. Марьина Горка г. п. Дружный	1,0–1,25 4,1–6,8 3,5–7,2	Флювиогляциальные отложения. Пески мелкой и средней зернистости	Оборудованы
IV	г. Заславль г. Столбцы	7,2–18,0 9,7–20,0	Моренные и конечно-моренные образования. Супесчано-глинистые грунты	Не оборудованы
V	г. Жодино г. Смолевичи	3,5–5,9 5,5–9,3	Моренные и конечно-моренные образования. Супесчано-глинистые грунты	Оборудованы

Полигоны ТКО существенно загрязняют не только грунтовые воды и почвы, но и атмосферный воздух. По причине отсутствия возможности определить индекс загрязнения атмосферного воздуха на полигонах, для оценки геоэкологического риска введены поправочные коэффициенты, учитывающие объемы накопившихся отходов и их морфологическую структуру (долю экологически опасных отходов), которые лежат в основе подсчета эмиссий биогаза [6].

Расчет геоэкологических рисков от полигонов осуществлялся по следующей формуле:

$$KR_p = (SIZ_{\text{гв}} + SIZ_{\text{п}}) \cdot K_v \cdot K_{\text{з}}, \quad (1)$$

где KR_p – коэффициент экологического риска полигона; $SIZ_{\text{гв}}$ – суммарный индекс загрязнения грунтовых вод; $SIZ_{\text{п}}$ – суммарный индекс загрязнения почв; K_v – коэффициент объема накопления отходов; $K_{\text{з}}$ – коэффициент, учитывающий накопление экологически опасных отходов.

Оценка экологических рисков захоронения отходов на полигонах ТКО осуществлялась нами в несколько этапов. На первом этапе репрезентативные полигоны дифференцированы в 5 групп. В основу дифференциации положены различия в составе и свойствах геологических пород, залегающих в основании полигонов и наличие (или отсутствие) противофильтрационных экранов в их основании (см. табл. 1).

На втором этапе проведена количественная и качественная оценка загрязнения грунтовых вод и почв. Для оценки воздействия полигонов ТКО на грунтовые воды использовались результаты локального мониторинга, выполненного в 2014 г. В связи с тем, что почвы опробуются достаточно редко, для оценки воздействия на них полигонов ТКО использовались данные РУП «БелНИЦ «Экология», полученные в период с 1998 по 2009 год [6].

Для количественной оценки воздействия полигонов на грунтовые воды и почвы использован геоэкологический показатель – индекс загрязнения (IZ), представляющий собой отношение концентрации загрязняющих веществ к их ПДК. Для расчета IZ грунтовых вод или почв определенным веществом на каждом репрезентативном полигоне выбиралась одна или несколько скважин с максимальной концентрацией загрязняющего вещества. Степень загрязнения грунтовых вод (почв) комплексом загрязняющих веществ оценивалась с использованием суммарного индекса загрязнения (SIZ), представляющего сумму отношений концентрации загрязняющих веществ к их ПДК [2, 3].

$$SIZ = \frac{C_1}{PDK_1} + \frac{C_2}{PDK_2} + \frac{C_3}{PDK_3}, \quad (2)$$

где: C_1 – средняя концентрация загрязнителя в грунтовых водах ($\text{мг}/\text{дм}^3$), почвах ($\text{мг}/\text{кг}$); PDK_1 – предельно допустимая концентрация данного вещества.

Качественная оценка определялась посредством анализа состава загрязняющих веществ с точки зрения класса их опасности. Для этой цели использованы «ряды приоритетности», дающие представление о потенциальной опасности загрязняющего вещества и рассчитанные по отношению его содержания к ПДК. Принято, что загрязняющее вещество является приоритетным в случае превышения его содержания величины ПДК в грунтовых водах (почвах) [6].

Расчет $SIZ_{\text{гв}}$ осуществлялся по макрокомпонентам (азоту аммонийному, хлоридам, сульфатам, азоту нитратному, полифосфатам, сухому остатку (общей минерализации), окисляемости, жесткости), микроэлементам (cobальту, меди, цинку, свинцу и кадмию) и органическим веществам (нефтепродуктам, фенолам, СПАВ –

синтетическим поверхностно-активным веществам).

При расчете SIZп во внимание принималась только концентрация таких тяжелых металлов, как никель, марганец, свинец и цинк, что обусловлено тем, что, во-первых, концентрация большинства других загрязняющих веществ определялась на ограниченном числе полигонов, во-вторых, не для всех определяемых элементов, содержащихся в почвах, установлены ПДК [3].

На третьем этапе анализировались косвенные критерии. На завершающем этапе рассчитывался экологический риск и проводилось ранжирование полигонов по этому показателю.

Таблица 2. Содержание макрокомпонентов, органических соединений (мг/дм³) и индекс загрязнения грунтовых вод в зонах воздействия полигонов ТКО (2014 г.)

Полигон	Макрокомпоненты						Органические соединения		
	Азот аммонийный	Хлориды	Сульфаты	Азот нитратный	Полифосфаты	Сухой остаток	Нефтепродукты	Фенолы	СПАВ
г. Борисов	3,0*	208,7	46,9	0,40	0,01	630	0,1	0,1	0,5
	1,5	0,59	0,09	0,01	<0,01	0,63	1,77	0,06	0,29
г. Вилейка	2,00	30,4	2,0	0,5	0,03	338	0,030	0,002	0,024
	1,0	0,12	<0,01	0,01	0,01	0,34	0,3	0,02	0,05
г.п. Дружный	0,1	305,3	325,1	0,28	0,02	593	0,034	0,004	0,033
	0,05	0,87	0,65	<0,01	0,01	0,59	0,34	0,04	0,067
г. Жодино	5,1	12,01	3,70	13,42	0,06	242	0,067	0,013	0,024
	2,6	0,03	<0,01	0,3	0,02	0,24	0,67	0,13	0,05
г. Заславль	0,5	84,28	14,80	16,48	0,01	369	0,023	0,006	0,028
	0,25	0,24	0,03	0,37	<0,01	0,37	0,23	0,06	0,06
г. Марьина Гора- ка	7,0	1725,7	172,8	4,6	0,03	5000	0,645	0,096	0,937
	3,5	4,93	0,35	0,1	<0,01	5,0	6,45	0,96	1,87
г. Молодечно	16,0	1797,3	386,8	335,0	0,05	8590	0,321	0,012	0,152
	8,0	5,14	0,77	7,44	0,01	8,59	3,21	0,12	0,3
г. Смолевичи	0,4	43,5	24,3	23,7	0,01	338	0,067	0,004	0,026
	0,2	0,12	0,05	0,53	<0,01	0,33	0,67	0,04	0,05
г. Солигорск	10,2	379,9	4,52	1,09	0,01	860	0,67	0,05	0,2
	5,1	1,86	<0,01	<0,01	<0,01	0,86	0,67	0,05	0,2
г. Столбцы	10,0	1278,8	16,5	3,6	0,02	300	0,213	0,142	0,255
	5,0	3,65	0,03	<0,01	<0,01	0,3	2,13	1,42	0,51
ПДК, мг/дм³	2	350	500	45	3,5	1000	0,1	0,1	0,5

* В числителе – содержание химических веществ в грунтовых водах, мг/дм³; в знаменателе – индексы загрязнения грунтовых вод.

Сопоставление полученных результатов с ранее полученными данными за 2009 г. [6] свидетельствует о значительном снижении уровня загрязнения грунтовых вод на полигоне г. Борисова: индекс загрязнения по аммонийному азоту за 5-летний период снизился в 25,9 раз, суммарный индекс загрязнения снизился в сравнении с 2009 г. более чем в 8 раз, в результате чего полигон по данному показателю (SIZгв – 6,21) с первого места сместился на пятую позицию (рис. 1).

Снижение концентрации загрязняющих веществ в грунтовых водах на полигоне г. Борисова обусловлено созданием дренажной систе-

мы, которая в определенной степени обеспечила отвод загрязненных болотных вод за пределы полигона и позволила регулировать сбор и отвод дождевых, талых и дренажных вод. Не менее важной причиной, на наш взгляд, является изменение структуры захораниваемых отходов – снижение доли (с 36 до 27 %) производственных отходов, как наиболее экологически опасных. Это следствие использования отходов производства в качестве сырья, раздельного сбора отходов потребления и извлечения ВМР. Кроме того, в Борисовском районе самые низкие темпы роста образования ТКО [7].

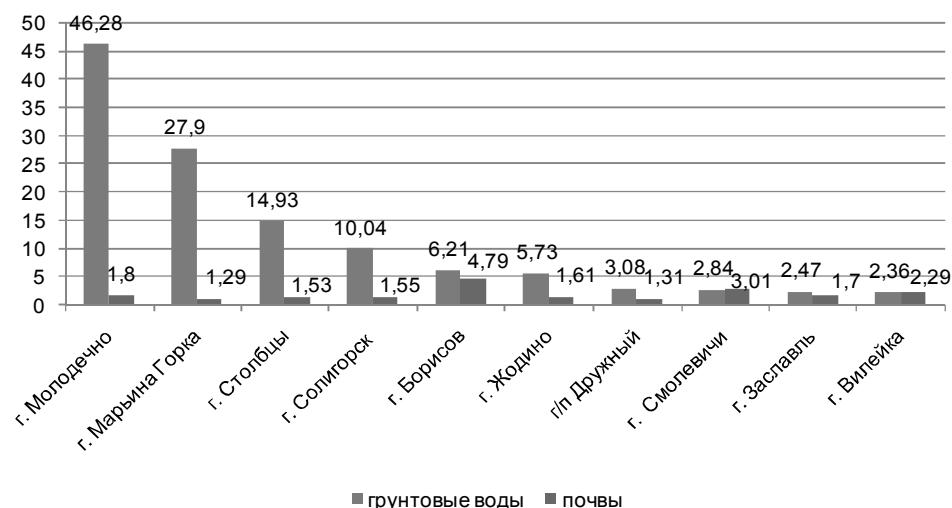


Рис. 1. Суммарный индекс загрязнения грунтовых вод и почв на репрезентативных полигонах

Полигоны группы II (гг. Молодечно, Солигорск), расположены на песчаных грунтах с малоомощной зоной аэрации (0,4 и 2,5 м соответственно) и не обустроены противофильтрационными экранами. Несмотря на одинаковые геолого-гидрогеологические условия, между полигонами четко прослеживаются различия по концентрации загрязняющих веществ. Индекс загрязнения грунтовых вод полигона г. Солигорска по большинству макрокомпонентов не превышает

1,0, за исключением азота аммонийного (I_{Zgw} – 5,1) и хлоридов (I_{Zgw} – 1,86).

Для грунтовых вод полигона г. Молодечно характерен высокий уровень загрязнения азотом аммонийным (I_{Zgw} – 8), азотом нитратным (7,4), хлоридами (5,1) и по сухому остатку (I_{Zgw} – 8,6). Опасные уровни загрязнения грунтовых вод фиксируются также по тяжелым металлам: свинцу (I_{Zgw} – 6,6), кадмию (4,5), кобальту (I_{Zgw} – 1,5) (табл. 3).

Таблица 3. Содержание микроэлементов (мг/дм³) и индексы загрязнения грунтовых вод в зонах воздействия полигонов ТКО

Полигон	Микроэлементы							
	Кобальт	Медь	Цинк	Свинец	Кадмий	Мышьяк	Хром	Ртуть
г. Борисов	0,0116*	0,026	0,0361	0,0243	0,0027	<0,005	<0,2	<0,0005
	0,12	0,03	0,04	0,81	0,27	-	-	-
г. Вилейка	0,0030	0,0021	0,0078	0,0102	0,001	<0,005	<0,2	<0,0005
	0,03	<0,01	<0,01	0,35	0,12	-	-	-
г. Дружный	0,0032	0,0080	0,0349	0,0078	0,001	<0,005	<0,2	<0,0005
	0,03	<0,01	0,03	0,26	0,11	-	-	-
г. Жодино	0,0036	0,0048	0,0573	0,0088	0,001	<0,005	<0,2	<0,0005
	0,04	<0,01	0,06	0,29	0,10	-	-	-
г. Заславль	0,0061	0,0031	0,0055	0,0169	0,0023	<0,005	<0,2	<0,0005
	0,06	<0,01	<0,01	0,56	0,23	-	-	-
г. Марьина Горка	0,0793	0,0132	0,0888	0,0723	0,0146	<0,005	<0,2	<0,0005
	0,79	0,01	0,09	2,41	1,46	-	-	-
г. Молодечно	0,1486	0,1425	0,4960	0,1991	0,0449	<0,005	<0,2	<0,0005
	1,49	0,14	0,5	6,64	4,49	-	-	-
г. Смолевичи	0,0029	0,0038	0,0094	0,0213	0,001	<0,005	<0,2	<0,0005
	0,03	<0,01	<0,01	0,71	0,11	-	-	-
г. Солигорск	0,0130	0,0040	0,0044	0,0190	0,0051	<0,005	<0,2	<0,0005
	0,13	<0,01	<0,01	0,63	0,51	-	-	-
г. Столбцы	0,0396	0,0143	0,0343	0,0766	0,012	<0,005	<0,2	<0,0005
	0,4	0,01	0,03	2,55	1,20	-	-	-
ПДК, мг/дм³	0,1	1,0	1,0	0,03	0,01	0,05	0,05	0,0005

*В числителе – содержание микроэлементов в грунтовых водах, мг/дм³; в знаменателе – индексы загрязнения грунтовых вод.

Суммарный индекс загрязнения грунтовых вод полигона г. Молодечно (46,2) в 4,6 раза выше аналогичного показателя для полигона г. Солигорска (10,0), оборудованного глиняным замком. В отличие от полигона г. Борисова снижения $SIZ_{\text{гв}}$ на полигоне г. Молодечно за исследуемый период не наблюдается, что, на наш взгляд, обу-

словлено ростом захоронения отходов производства (с 8 до 95 %), в том числе экологопасных.

Полигоны группы II характеризуются наибольшими средним значением суммарного индекса загрязнения, следовательно, представляют наибольшую опасность с точки зрения риска загрязнения грунтовых вод (рис. 2).

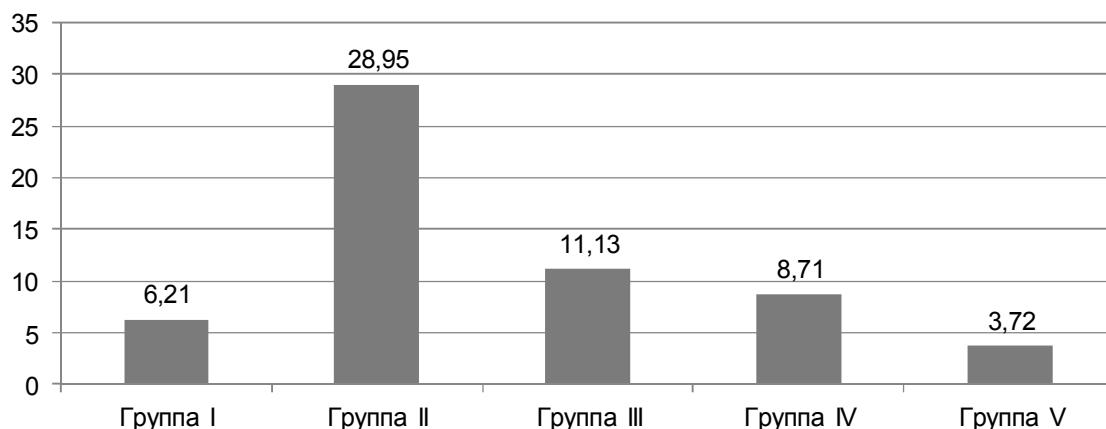


Рис. 2. Средний суммарный индекс загрязнения грунтовых вод по группам полигонов

Полигоны группы III (гг. Вилейка, Марьина Горка, г. п. Дружный) расположены в идентичных с предыдущими группами геолого-гидрогеологических условиях, но обустроены противофильтрационными экранами. Анализ проб грунтовых вод полигона г. п. Дружный и г. Вилейка иллюстрирует незначительные различия загрязнения по скважинам, содержание макрокомпонентов микроэлементов и органических соединений не превышает ПДК.

На полигоне ТКО г. Марьина Горка в водах скважины № 2 выявлены высокие концентрации целого ряда веществ. Индекс загрязнения вод хлоридами составил 4,9, азотом аммонийным – 3,5, по сухому остатку – 5,0, свинцу – 2,4, кадмию – 1,5, нефтепродуктам – 6,5, СПАВ – 1,9. При этом, в пробах, взятых из четырех других скважин, концентрация загрязняющих веществ была, как правило, в пределах санитарных норм, либо превышала их только по азоту аммонийному.

Суммарный индекс загрязнения грунтовых вод в районе полигона г. Марьина Горка в 9 раз превышает аналогичный показатель для полигона г. п. Дружный и в 11 раз для полигона г. Вилейка. В целом же по полигонам группы III $SIZ_{\text{гв}}$ в 2,6 раза ниже аналогичного показателя для полигонов группы II, что свидетельствует о том, что они менее опасны с точки зрения риска загрязнения грунтовых вод.

В отличие от предыдущих групп полигоны группы IV (гг. Столбцы, Заславль), расположены в области развития моренных и конечно-моренных образований, в выработанных карье-

рах, днища которых слагают супесчаные и суглинистые грунты. Здесь относительно глубокое залегание грунтовых вод (7 - 20 м). Несмотря на схожие геолого-гидрогеологические условия, грунтовые воды полигона г. Столбцы загрязнены значительно сильнее полигона г. Заславля. Во второй скважине из трех имеющихся на полигоне г. Столбцы зафиксирован опасный уровень загрязнение грунтовых вод азотом аммонийным ($IIZ_{\text{гв}}$ – 5), хлоридами (3,6), свинцом (2,5), кадмием (1,2) и органическими соединениями – нефтепродуктами (2,1) и фенолами ($IIZ_{\text{гв}}$ – 1,4). Загрязнение грунтовых вод в других скважинах не превышало ПДК. На полигоне г. Заславля концентрация загрязняющих веществ в грунтовых водах находилась в пределах допустимых норм.

Суммарный индекс загрязнения грунтовых вод в зоне воздействия полигона г. Столбцы (14,9) в 8 раз превышает аналогичный показатель для полигона г. Заславля (1,7). За исследуемый период $SIZ_{\text{гв}}$ в районе полигона г. Столбцы практически не изменился, а на полигоне г. Заславля снизился примерно в 2 раза.

Среди полигонов группы V наиболее загрязнены грунтовые воды полигона г. Жодино, где в скважине с максимальной концентрацией загрязняющих веществ зафиксирован индекс загрязнения грунтовых вод по азоту аммонийному 2,6. Средний суммарный индекс загрязнения грунтовых вод по данной группе полигонов составил 3,7, что свидетельствует о наименьшем риске загрязнения грунтовых вод этими полигонами. Это, с одной стороны, обусловлено нали-

чием противофильтрационных экранов, с другой – размещением полигонов на супесчано-суглинистых грунтах. Отметим, что за исследуемый период наблюдается тенденция повышения $SIZ_{ГВ}$ на полигоне г. Жодино.

Оценивая влияние полигонов на грунтовые воды, следует учитывать не только степень (индекс) загрязнения, но и состав загрязняющих веществ с точки зрения их класса опасности. Среди макрокомпонентов наиболее опасными загрязняющими веществами являются азот аммонийный (2 класс опасности), хлориды, азот нитратный и полифосфаты (3 класс опасности). Ранжированный ряд средних индексов загрязнения грунтовых вод макрокомпонентами для всех исследуемых полигонов выглядит следующим образом:

$$\frac{NH_4}{2,82} > \frac{Cl}{1,77} > \frac{с. о.}{1,73} > \frac{NO_3}{0,88} > \frac{SO_4}{0,2} > \frac{PO_4}{0,007}.$$

Представленный ранжированный ряд I_2 _{ГВ} свидетельствует о наибольшей опасности загрязнения грунтовых вод азотом аммонийным, в меньшей – хлоридами, и еще в меньшей – по сухому остатку. По другим макрокомпонентам опасность минимальна, поскольку I_2 _{ГВ} для них < 1.

Ранжированный ряд I_2 _{ГВ} по тяжелым металлам показывает, что основным загрязняющим веществом является свинец. По другим тяжелым металлам I_2 _{ГВ} < 1.

$$\frac{\text{свинец}}{1,52} > \frac{\text{кадмий}}{0,86} > \frac{\text{cobальт}}{0,31} > \frac{\text{цинк}}{0,078} > \frac{\text{медь}}{0,022}.$$

Свинец, кадмий, кобальт относятся к 2 классу опасности, цинк и медь – 3 классу опасности. Даже без учета ртути (1 класс опасности) суммарный индекс загрязнения тяжелыми металлами 2 класса опасности составляет 2,69.

Расчеты показывают, что особенно неблагоприятная обстановка характерна для полигонов гг. Молодечно, Марьина Горка и Столбцов, где $SIZ_{ГВ}$ тяжелыми металлами 2 класса опасности составляет 12,6; 4,7; 4,2 соответственно. Это свидетельствует о том, что полигоны Минской области представляют экологическую опасность для грунтовых вод и окружающей среды.

Таким образом, анализ $SIZ_{ГВ}$ позволяет сделать вывод о значительной контрастности данного показателя, как на уровне отдельных полигонов, так и их групп, обусловленной различиями геолого-гидрогеологических условий и наличием (отсутствием) противофильтрационного экрана. Супеси и суглинки моренные, развитые с поверхности на территории Минской области, служат относительно хорошим барьером на пути проникновения загрязняющих веществ в грунтовые воды.

Сопоставление глубины залегания грунтовых вод в районе размещения полигонов с $SIZ_{ГВ}$ не выявило прямой зависимости между данными показателями, однако, в целом по группам полигонов зависимость все же прослеживается: чем глубже залегают грунтовые воды, тем ниже степень их загрязнения.

Загрязнение почв. Анализ суммарного индекса загрязнения почв на прилегающих к полигонам территориях, позволил установить различия и ранжировать полигоны по степени их опасности в четыре группы. Первую группу ($SIZ_{п} > 3$) образовали полигоны гг. Борисова и Смолевичей, представляющие наибольший риск загрязнения почв ($SIZ_{п} = 4,8$ и 3,0 соответственно) [9]. Ко второй группе отнесен полигон г. Вилейка ($SIZ_{п} = 2,3$). Большинство представительных полигонов ТКО (гг. Молодечно, Заславль, Жодино, Солигорск, Столбцы), где показатель варьирует от 1,5 до 2, образовали группу III. Минимальный риск загрязнения почв на территориях, прилегающих к полигонам группы IV (г. Марьина Горка и г. п. Дружный), где $SIZ_{п}$ меньше 1,5.

Максимальное значение $SIZ_{п}$ (полигон г. Борисова) превышает минимальное (г. Марьина Горка) в 3,7 раза. В этом отношении $SIZ_{п}$ выглядит менее контрастно в сравнении с $SIZ_{ГВ}$, где максимальные значения превышают минимальные более чем в 20 раз. Исследования показали, что зависимость между загрязнением почв и грунтовых вод весьма слабая, коэффициент корреляции между ними равен 0,21, что, по всей видимости, объясняется приуроченностью полигонов к различным ландшафтам, характеризующимся разной степенью взаимосвязей между грунтовыми водами и почвами.

Прослеживается зависимость индекса загрязнения от гранулометрического состава почв. Так, наименьший риск загрязнения дерново-подзолистых песчаных почв представляют полигоны, расположенные в пределах развития флювиогляциальных равнин (г. п. Дружный, г. Марьина Горка). Выше суммарный индекс загрязнения дерново-подзолистых супесчаных и суглинистых почв на территориях развития моренного и конечно-моренного комплексов (полигоны гг. Смолевичи – 3,0 и Заславля – 1,7) [9]. Более высокий суммарный коэффициент загрязнения супесчаных и суглинистых почв обусловлен наличием глинистой составляющей, способной сорбировать тяжелые металлы, удерживая их в почвах.

Исключение составляет свинец, на фиксацию которого влияние глинистой составляющей незначительно. Чаще всего, богаче свинцом поверхностные слои почвы, что обусловлено высокой адсорбционной способностью гумусового горизонта по отношению к этому металлу. Этим обусловлен самый высокий суммарный индекс загрязнения почв в районе полигона г. Борисова

(4,8), расположенного в пределах развития дерново-торфяно-перегнойных почв с большим содержанием гумуса.

Анализ состава загрязняющих веществ в целом для репрезентативных полигонов иллюстрирует ниже представленный ранжированный ряд I_{Z_n} тяжелыми металлами:

$$\frac{\text{свинец}}{0,069} > \frac{\text{цинк}}{0,547} > \frac{\text{никель}}{0,399} > \frac{\text{марганец}}{0,133}.$$

Как видим, в среднем для полигонов по всем микроэлементам $I_{Z_n} < 1$. Наиболее значимыми тяжелыми металлами являются свинец (2 класс опасности) и цинк (3 класс опасности).

Вместе с тем, на уровне репрезентативных полигонов I_{Z_n} свинцом превышает ПДК в 2,7 раз в почвах, прилегающих к полигону г. Борисова, цинком – в 1,4 и 1,3 раза соответственно – полигоны гг. Борисова и Смолевичей [9].

Оценка косвенных критериев. К косвенным относят критерии, которые в определенной мере влияют на степень опасности полигона через прямые критерии и, тем самым, в той или иной степени вносят корректиры в величину оценки загрязнения определенной среды. Одним из таких критериев является объем накопившихся отходов [6].

Исследования показывают слабую корреляционную связь между количеством накопившихся отходов и индексом загрязнения грунтовых вод и почв. Так, полигон г. Столбцы, занимая третью позицию в списке репрезентативных полигонов по индексу загрязнения грунтовых вод, восьмое – по индексу загрязнения почв, замыкает десятку по объему накопившихся отходов.

Вместе с тем, от количества накопившихся отходов и высоты отвала зависит образование фильтрата, являющегося основным фактором риска загрязнения грунтовых вод. Установлено, что при послойном уплотнении отходов и норме атмосферных осадков до 1000 мм/год появление фильтрата возможно лишь при высоте отвала менее 10 м, так как проникновение воды через большую толщину уплотненных отходов незначительно [1, 6]. Кроме того, объем накопившихся отходов используется при расчете эмиссии биогаза, которая используется в качестве количественного показателя влияния полигона ТКО на атмосферный воздух.

По объему накопившихся отходов принято выделять очень крупные полигоны (более 1 млн m^3) – группа А, принимающие отходы г. Минска; крупные (от 0,5 до 1 млн m^3) – группа Б, обслуживающие областные и крупные районные центры; средние – группа В (от 0,1 до 0,5 млн m^3) и мелкие – группа Г (десятка тыс. m^3), обслуживающие районные центры и крупные поселки [6].

Среди исследуемых полигонов в группу Б входят полигоны ТКО гг. Борисова и Солигорска, в группу Г – полигон г. Столбцов, оставшиеся семь полигонов вошли в группу В. В этой связи

при расчете геоэкологических рисков для каждой из групп полигонов по мощности накопившихся отходов используется коэффициент от 1,3 до 1,1.

Важным косвенным показателем воздействия на окружающую среду и качества обращения с отходами является доля экологоопасных отходов (3 и 4 класса опасности), захороняемых на полигонах. Исследование показывает, что доля экологоопасных отходов по отношению ко всем захораниваемым отходам варьирует в широких пределах – от 20,7 % (г. Молодечно) до 3,1 % (г. Солигорск). Различия по доле экологоопасных отходов позволили дифференцировать репрезентативные полигоны в три группы. В первую группу, где доля экологоопасных отходов превышает 10 %, вошел полигон г. Молодечно; во вторую группу (5-10%) – полигоны г. п. Дружный, гг. Жодино, Заславля, Марьиной Горки, в третью (< 5 %) – гг. Борисова, Вилейки, Солигорска, Смолевичей и Столбцов.

Анализ рис. 3 позволяет проследить динамику доли депонируемых экологоопасных отходов за исследуемый период. На полигонах гг. Борисова, Заславля, Смолевичей, Солигорска, Столбцов доля депонируемых отходов уменьшилась, на всех остальных – повысилась. Наиболее значительный рост произошел на полигонах гг. Вилейки (6,8 раза) и Молодечно (1,8 раза), наибольшее снижение – г. Смолевичи (3,3 раза).

В процессе исследования установлено, что зависимость между количеством захораниемых экологоопасных отходов и индексом загрязнения почв практически отсутствует. Так, например, на полигоне ТКО г. Вилейки депонируется меньше всего экологоопасных отходов, в то же время индекс загрязнения почв здесь один из наивысших среди изучаемых полигонов.

Вместе с тем, установлена зависимость загрязнения грунтовых вод от объема депонируемых на полигонах экологоопасных отходов, и, хотя коэффициент корреляции между ними не велик (0,23–0,25), для каждой группы введен поправочный коэффициент от 1,3 до 1,1 соответственно [6]. Исследования показали, что одним из важнейших косвенных критериев, влияющих на грунтовые воды, является наличие или отсутствие противофильтрационного экрана в основании полигона, однако при оценке риска этот показатель не учитывался, так как он отражается через непосредственное влияние на индекс загрязнения грунтовых вод.

На основании количественной оценки геоэкологических рисков проведено ранжирование репрезентативных полигонов Минской области по степени опасности их воздействия на природную среду. В качестве основного показателя при этом избран индекс загрязнения грунтовых вод, который напрямую зависит от геолого-гидрогеологических условий и наличия противофильтрационного экрана. Данный показатель лег в основу объединения полигонов в группы (табл. 4).

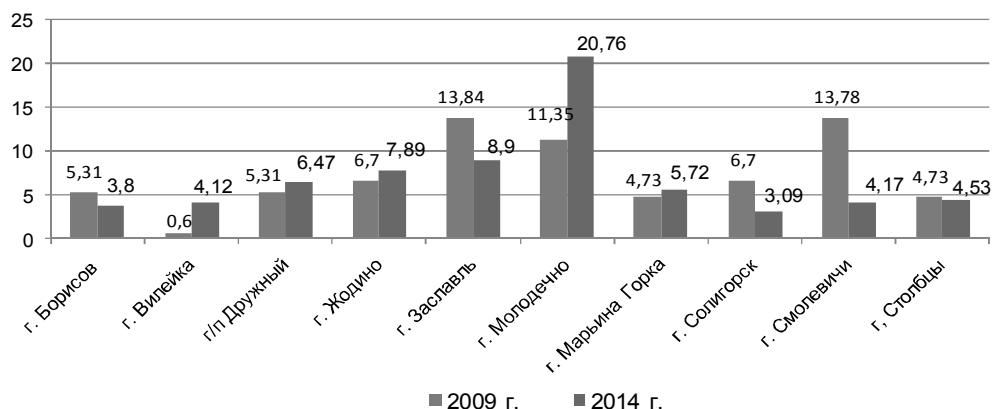


Рис. 3. Динамика доли захораниваемых экологоопасных отходов (% к общей массе отходов) за период 2009–2014 гг.

Таблица 4. Количествоенная оценка экологических рисков от репрезентативных полигонов ТКО

Группа	Полигон	SIZ _{Г.В.}	SIZ _П	K _Y	K _Э	KR _П
I	г. Борисов	6,21	4,79	1,3	1,1	15,73
II	г. Молодечно	46,28	1,8	1,3	1,3	81,21
	г. Солигорск	10,04	1,55	1,3	1,1	16,57
<i>Среднее значение</i>		28,16	1,68			48,89
III	г. Вилейка	2,36	2,4	1,2	1,1	6,28
	г. п. Дружный	3,08	1,31	1,2	1,2	6,32
	г. Марьина Горка	27,9	1,29	1,2	1,2	42,03
<i>Среднее значение</i>		11,11	1,67			16,21
IV	г. Заславль	2,47	1,7	1,2	1,2	6,01
	г. Столбцы	14,93	1,53	1,1	1,1	19,92
<i>Среднее значение</i>		8,72	1,62			12,97
V	г. Смолевичи	2,84	3,02	1,2	1,1	7,74
	г. Жодино	5,73	1,61	1,2	1,2	10,57
<i>Среднее значение</i>		4,29	2,31			9,16

Индекс загрязнения почв, как и введенные поправочные коэффициенты, существенно не изменили положение полигонов в целом по группам. Вместе с тем, в пределах каждой из групп различия по количественным оценкам геоэкологических рисков стали более заметными.

Наиболее экологически опасными являются полигоны гг. Молодечно, Марьиной Горки, Борисова, Столбцов и Солигорска. Именно эти объекты должны быть приоритетными для включения в территориальные или отраслевые программы природоохранной деятельности, т. к. для минимизации степени загрязнения природной среды в зонах их воздействия требуется проведение инженерных мероприятий.

Сложившаяся ситуация с захоронением отходов в Минской области свидетельствует о необходимости сооружения нового более безопасного поколения полигонов ТКО. Актуальность данной проблемы повышается и в связи с проведением работ по закрытию и рекультивации мини-полигонов. В настоящее время география полигонов в Минской области базируется на районном принципе. В каждом из

22 районов функционирует один, а в некоторых и 2–3 полигона.

В соответствии со Стратегией интегрированного управления твердыми коммунальными отходами для устойчивого развития Минской области предлагается внедрение регионального подхода при размещении новых полигонов. Предполагается дифференцировать Минскую область на 7 регионов и построить 6 современных полигонов, которые будут размещаться рядом с региональными центрами (Борисовом, Молодечно, Дзержинском, Несвижем, Солигорском и Марьиной Горкой), 13 мусороперегрузочных станций и 5 станций сортировки [7].

Таким образом, полигоны будут выполнять не только функцию захоронения отходов, но и их использование – извлечение ВМР, компостирование органических отходов, использование строительных и крупногабаритных отходов, а также временное хранение опасных отходов. Такой подход будет способствовать решению двуединой задачи – снижению воздействия полигонов ТКО на окружающую среду и повышению экономической эффективности процесса обращения с отходами.

Для минимизации риска загрязнения компонентов окружающей среды необходима дальнейшая оптимизация системы обращения с отходами:

- совершенствование инфраструктуры в сфере сбора и транспортировки отходов;
- решение институциональных проблем путем внедрения частного бизнеса, оказываю-

щего услуги по сбору, вывозу и захоронению отходов;

– решение финансовых проблем путем повышения тарифов для населения до уровня, обеспечивающего компенсацию затрат по обращению с отходами;

– информационная работа с населением по участию в раздельном сборе ТКО и др.

Литература

1. **Башкин В. Н.** Экологические риски. Расчет, управление, страхование / В. Н. Башкин. – М., 2007.
2. **Гигиенические нормативы 2.1.5.10-20-2003.** Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно бытового водопользования.
3. **Гигиенические нормативы 2.1.7.12-1-2004** Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почвах.
4. **Донченко В. К.** Факторы риска от полигонов твердых бытовых отходов / В. К. Донченко, Ю. И. Скорик, Л. С. Венциолис, В. В. Оников, А. Н. Пименов, Б. М. Бухтеев // Материалы 3-го Междунар. конгресса по управлению с отходами и природными технологиями. – М., 2003. – С. 150–151.
5. **Ерошина Д. М.** Факторы экологического риска от объектов размещения отходов / Д.М. Ерошина, Н. А. Лысухо // Сахаровские чтения 2007 года: экологические проблемы XXI века : материалы 7-й Междунар. науч. конф. – Минск, 2007. – С. 204.
6. **Ерошина Д. М.** Экологические аспекты захоронения твердых коммунальных отходов на полигонах / Д. М. Ерошина, В. В. Ходин, В. С. Зубрицкий. – Минск: РУП «БелНИЦ «Экология», 2010.
7. **СанПиН 10-124 РБ 99.** Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
8. Стратегия интегрированного управления твердыми коммунальными отходами для устойчивого развития Минской области / А. Бушмович [и др.]. – Минск, 2015.
9. **Чернова И. В.** Геоэкологическая оценка влияния полигонов твердых коммунальных отходов на состояние почво-грунтов (на примере Минской области) / И. В. Чернова // Сахаровские чтения : материалы 15-й Междунар. науч. конф., Минск, 21–22 мая 2015 г. / МГЭУ им. Сахарова ; редкол.: С. П. Кундас [и др.]. – Минск, 2015. – С. 27.

Гимназия № 1 имени Ф. Скорины

Поступила в редакцию 30.05.2016 г.

И. В. Чернова

ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ (НА ПРИМЕРЕ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ)

На примере Минской области изучено влияние полигонов ТКО на компоненты окружающей среды. Проведена оценка геоэкологических рисков от полигонов твердых коммунальных отходов. Репрезентативные полигоны дифференцированы в группы по величине геоэкологических рисков. В качестве основных критериев дифференциации полигонов использованы различия по суммарному индексу загрязнения грунтовых вод. Показано, что гидрогеологические условия и инженерно-технические сооружения являются факторами, позволяющими минимизировать риск загрязнения.

I. V. Chernova

ASSESSMENT OF GEOECOLOGICAL RISKS OF MUNICIPAL SOLID WASTE BURIAL (ON AN EXAMPLE OF MINSK AREA)

The influence of solid municipal waste polygons on components of the environment was studied on the example of Minsk region. The evaluation of geo ecological risks from solid municipal waste polygons was carried out. Representative grounds were divided into several groups according to an amount of geo ecological risks. It was found out that the main systematization criterion for the differentiation of the polygons is the geographical difference according to the total index of subterranean water pollution. It is defined that hydro ecological conditions and engineering and technical facilities are the factors capable of minimizing the risk the pollution.

А. Ю. Сивенков

ОРГАНИЗАЦИЯ БАЗЫ ГЕОДАННЫХ КОСМОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ ТРАНСФОРМАЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КАРЬЕРНЫХ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рассмотрен пример организации базы геоданных мониторинга экзогенных процессов в карьерных горнотехнических системах. Освещены методические приемы анализа космической информации при изучении трансформаций геологической среды под воздействием экзогенных геологических процессов. Показана возможность использования космической информации и геоинформационных технологий для литомониторинга карьерных горнотехнических систем.

В разные годы на территории Беларуси велся наземный мониторинг трансформаций геологической среды в пределах территорий добычи полезных ископаемых, а также проводились научные исследования по проблематике рационального недропользования. Целенаправленное изучение воздействия техногенеза на природную среду в районах освоения минерального сырья и на отдельные компоненты карьерных горнотехнических систем региона начато в начале 1980-х годов сотрудниками государственного предприятия «Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт» и Института геохимии и геофизики НАН Беларуси [4].

С запуском Белорусского космического аппарата (БКА) дистанционного зондирования Земли космический мониторинг стал актуальным направлением в изучении трансформаций геологической среды в пределах горнодобывающего комплекса Республики Беларусь. На основе комплексной интерпретации оперативных и высокоточных материалов космической съемки, полученных панхроматической и мультиспектральной съемочными системами, возможно выявление качественных и количественных показателей экзодинамики природной среды, вызванной освоением минеральных ресурсов в пределах карьерных горнотехнических систем [5]. Наиболее эффективным инструментом в процессе ведения космического мониторинга трансформаций геологической среды в районах разработки полезных ископаемых карьерным способом стала организация баз геоданных [1].

Важнейшим фактором, определяющим развитие геологической среды в районах разработки полезных ископаемых открытым способом, являются экзогенные геологические процессы (ЭГП). Распознавание ЭГП в пределах карьерных горнотехнических систем становится возможным только с использованием набора характерных космогеоэкологических индикаторов (геоморфологических, литолого-генетических, геоботанических), различающихся по степени их проявления в морфолитогенных особенностях карьерных комплексов, по типу извлекаемого минерального сырья (табл. 1) и стадии эксплуатации карьера.

Наземные наблюдения за развитием ЭГП в пределах разрабатываемых карьерным способом месторождений минерального строительного сырья показывают, что значительные площади открытых горных выработок и прилегающих территорий подвержены негативным трансформациям геологической среды (см. рис. 5). Основные тенденции в развитии морфолитогенной основы карьеров определяются несколькими ведущими группами процессов, имеющими наибольшую площадь распространения: гравитационными, водно-эрэзионными (рис. 1), гидрогенными (процессы заболачивания). Другие ЭГП проявляются лишь на ограниченных по площади отдельных локальных участках [2].

Ввиду сильной динамики трансформации геологической среды в карьерных горнотехнических системах под воздействием ЭГП особую актуальность приобретает разработка базы геоданных космогеоэкологических индикаторов трансформации геологической среды с целью оперативного выявления, учета и определения пространственно-временных закономерностей их развития.

База геоданных космогеоэкологических индикаторов трансформации геологической среды при добыче минерального сырья карьерным (открытым) способом позволяет осуществлять операции наложения слоев космогеоэкологической информации, их комбинирование, выявление фактов корреляции, выявить взаимосвязи между компонентами экогеоэкологической среды дистанционными методами, а, следовательно, проследить тенденции пространственно-временных трансформаций. Формализованные структуры базы данных реализованы в виде логических схем в формате Microsoft Office Access 2010 (рис. 2), а также выполнен экспериментальный образец базы данных с использованием технологий системы управления базами данных более высокой степени интеграции с географической информационной системой – кроссплатформенной свободной PostgreSQL, а именно с ее расширением PostGIS. Такой переход позволяет осуществлять распределенное использование ресурсов базы геоданных, а также удаленный доступ к ним пользователей через веб-интерфейс.

Таблица 1. Космогеэкологические индикаторы ЭГП в карьерных горнотехнических комплексах при разработке месторождений песчано-гравийного сырья

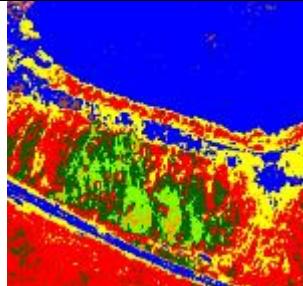
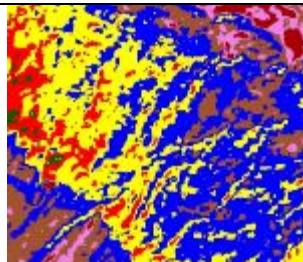
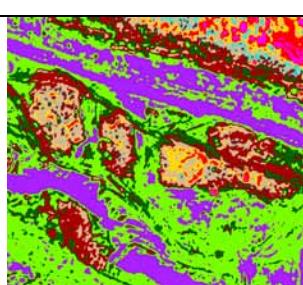
ЭГП		Космогеэкологические индикаторы				
Класс процесса	Виды процессов	геоморфологические	литолого-генетические	геоботанические	Дешифровочные признаки	Выраженность на классифицированном космическом снимке
Гравитационный	Обвалы, оползни, осьпи. Переработка склонов и переотложение горных пород в виде коллювия	Овальнообразные с угловатыми границами отрицательные формы рельефа с крутыми ступенчатыми и обрывистыми внутренними склонами. Микроформы рельефа в виде обвалов и оползней на круtyх бортах карьера	Флювиогляциальные пески, моренные на озерно-ледниковых глинах	Задернованные, обособленные, линейно-вытянутые участки растительности. «Пьяный лес»	Фотоаномалии овально-вытянутых и линейных очертаний. Внутриконтурный рисунок полигонально- пятнистый	
Водно-эрзационный	Склоновая эрозия породного массива. Плоскостной смыв. Оползни течения. Линейная эрозия. Формирование промоин, рытвин и оврагов. Переотложение и аккумуляция горных пород	Системы оврагов и блоков, конусов выноса, полос рытвин и борозд на осыпающихся стенках карьера. Наличие абразионных вскрышных уступов	Пески и песчано-гравийные смеси	Незадернованные, либо слабо- задернованные крутыe склоны бортов карьера	Изометрично- вытянутые с угловатыми границами фотоаномалии. Внутриконтурный рисунок полосчатый дендритовидный (овраги, рытвины)	
Гидрогенный	Подтопление территории карьерной системы. Заболачивание. Абраzия берегов водоемов. Аккумуляция наносов	Пониженные замкнутые чашеобразные участки. Участки последней очереди разработки карьера	Обводненные пески, супеси и суглинки. Пониженные участки (ниже шлейфов конусов выноса) у устьев крупных оврагов	Развитие осоково- разнотравных сообществ в заболоченных низинах и гидрофитной растительности в открытом водоеме	Рисунок с замкнутыми округлыми или овальными участками с высокой отражательной способностью поверхности. Текстура концентрическая	



Рис. 1. Проявление водно-эрзационных процессов в карьере «Ленинский» Минского района

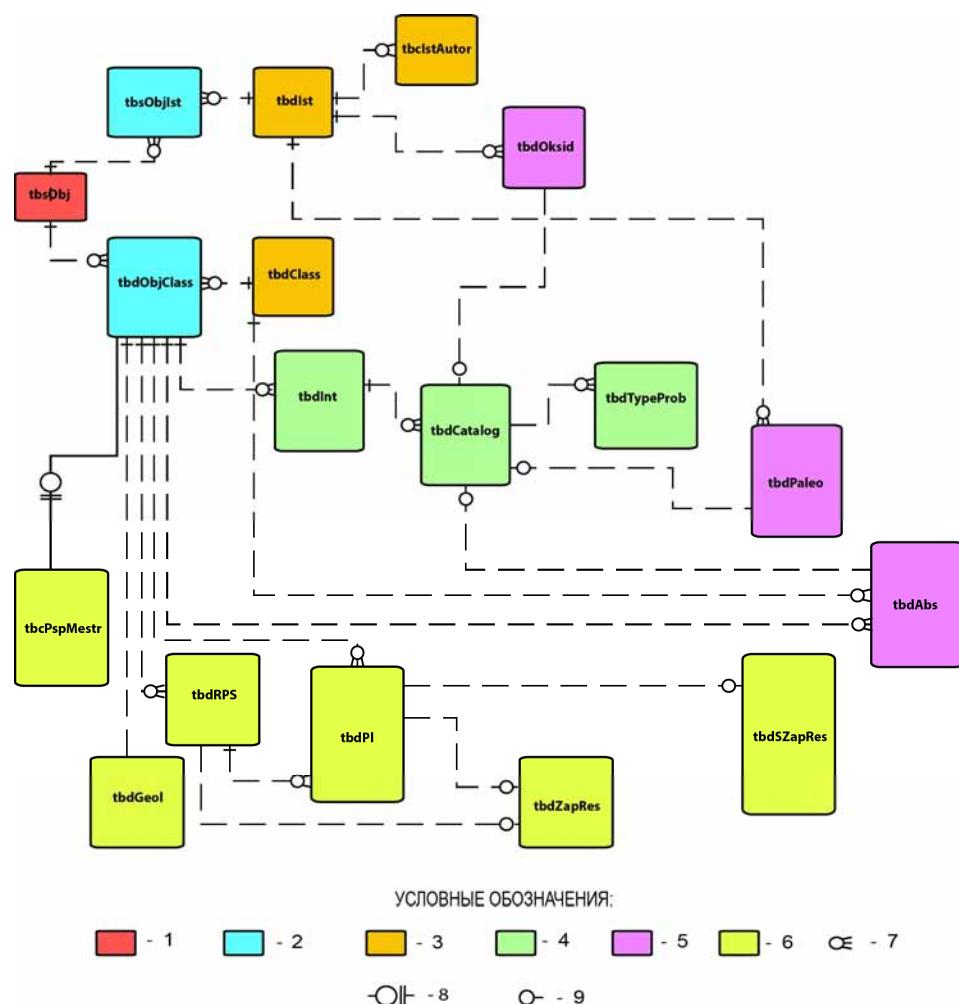


Рис. 2. Обобщенная блок-схема организации базы данных космогеоэкологических индикаторов трансформации геологической среды при добыче минерального сырья карьерным способом:
 1 – главная таблица космогеоэкологических индикаторов; 2 – корреляционные таблицы;
 3 – таблицы источников и классов; 4 – таблицы блока космогеоэкологических индикаторов;
 5 – таблицы блока эталонов; 6 – таблицы аналитического блока; 7 – связи, не идентифицирующие
 отношение один ко многим; 8 – связи, идентифицирующие отношение один ко многим (подтипы);
 9 – связи, не идентифицирующие отношение один к одному

Во все таблицы в качестве второстепенного параметра введено поле координатной привязки, в пределах которой расположен объект, что обеспечивает возможность сведения нескольких сегментов баз данных объектов мониторинга в одну логически связанную систему. Структура базы геоданных космогеоэкологических индикаторов трансформации геологической среды включает несколько блоков таблиц:

- таблицы аналитического блока, содержащие результаты количественного анализа развития ЭГП;
- таблицы блока эталонов, включающие в себя наборы эталонов космогеоэкологических индикаторов;
- таблицы блока космогеоэкологических индикаторов, содержащие каталог дешифровочных индикаторов;
- таблицы источников и классов, учитывающие все использованные источники данных;

– корреляционные таблицы, сводящие все типы данных;

– главную таблицу космогеоэкологических индикаторов.

Типы связей между наборами таблиц в базе геоданных зависят от типа идентификации связываемых полей.

При ведении космогеоэкологического мониторинга были использованы космические снимки БКА. Уровень обработки использованных для составления базы геоданных снимков – «3», т. е. данные дистанционного зондирования Земли представляют собой ортотрансформированные изображения местности, полученные с использованием наземных опорных точек и цифровой модели рельефа, в системе координат WGS-84 и проекции UTM (табл. 2).

Основные технические характеристики съемочной аппаратуры Белорусского космического аппарата представлены в табл. 3.

Таблица 2. Пример записи из сегмента материалов космической съемки информационной базы данных

Эталонно-калибровочный участок	Район	Диапазон электромагнитного спектра, мкм		Дата съемки	Уровень обработки данных
		панхроматический режим	мультиспектральный режим		
Хмелевка	Минский	0,54–0,86	0,46–0,52 0,52–0,60 0,63–0,69 0,75–0,84	23.07.2014	3

Таблица 3. Основные технические характеристики съемочной аппаратуры БКА [3]

Спектральный диапазон, мкм		Пространственное разрешение, м		Радиометрическое разрешение, бит/пк	Формат файлов
Панхроматический режим	Мультиспектральный режим	Панхроматический режим	Мультиспектральный режим		
0,54–0,86	Синий: 0,46–0,52 Зеленый: 0,52–0,60 Красный: 0,63–0,69 Ближний ИК: 0,75–0,84	2,1	10,5	8	GeoTIFF

Обработка снимков выполнена с использованием специальных программных комплексов Erdas Imagine, ENVI, а также с использованием соответствующих модулей QuantumGIS и ArcGIS.

При обработке и классифицировании космических снимков применяли следующие группы методов классификации изображений:

- классификация без обучения – алгоритм, использующийся при безэталонной классификации, базирующийся на кластерном анализе, для формирования кластеров используется формула минимального спектрального расстояния;
- классификация с обучением (рис. 3) – классификация, осуществляется с помощью обучения по некоторым эталонам с созданием для каждого из них соответствующей сигнатуры, которые в дальнейшем используются для определения центров классов [3].

Реализована также технология отображения результатов космогеоэкологического мони-

торинга трансформации геологической среды месторождений строительных материалов с использованием интерфейса свободной кроссплатформенной геоинформационной системы QuantumGIS (рис. 4).

Интерфейс обеспечивает непосредственный доступ к информации, отражающей результаты наблюдений за объектами мониторинга трансформации геологической среды при добыве минерального сырья карьерным способом. Здесь сосредоточены различные типы реляционных данных: наборы векторных данных и сопутствующая им атрибутивная информация, а также разновременные космические снимки, сделанные Белорусской космической системой дистанционного зондирования, территории месторождений, которые отражены в единой проекции и системе координат. С получением новых фактографических материалов имеется возможность наполнения соответствующего сегмента базы геоданных.

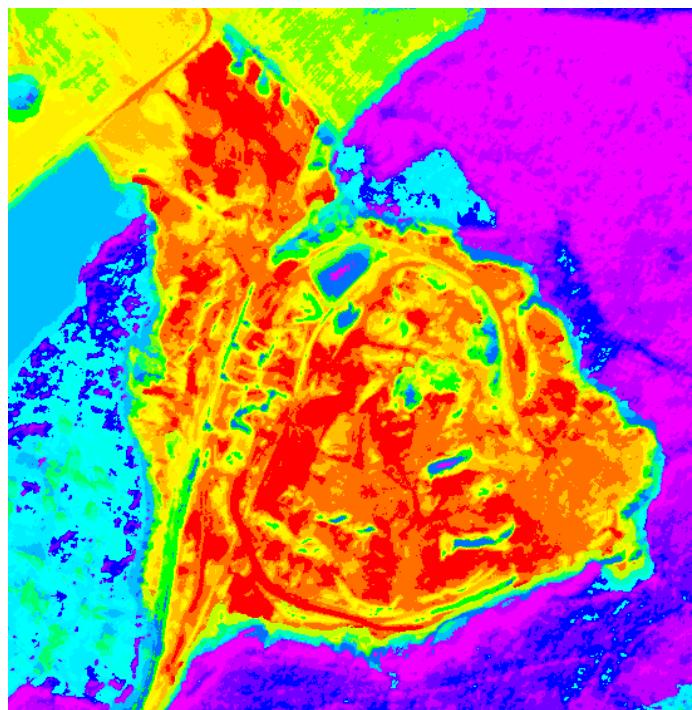


Рис. 3. Классифицированный космический снимок песчаного карьера «Радошковичи», сделанный Белорусским космическим аппаратом

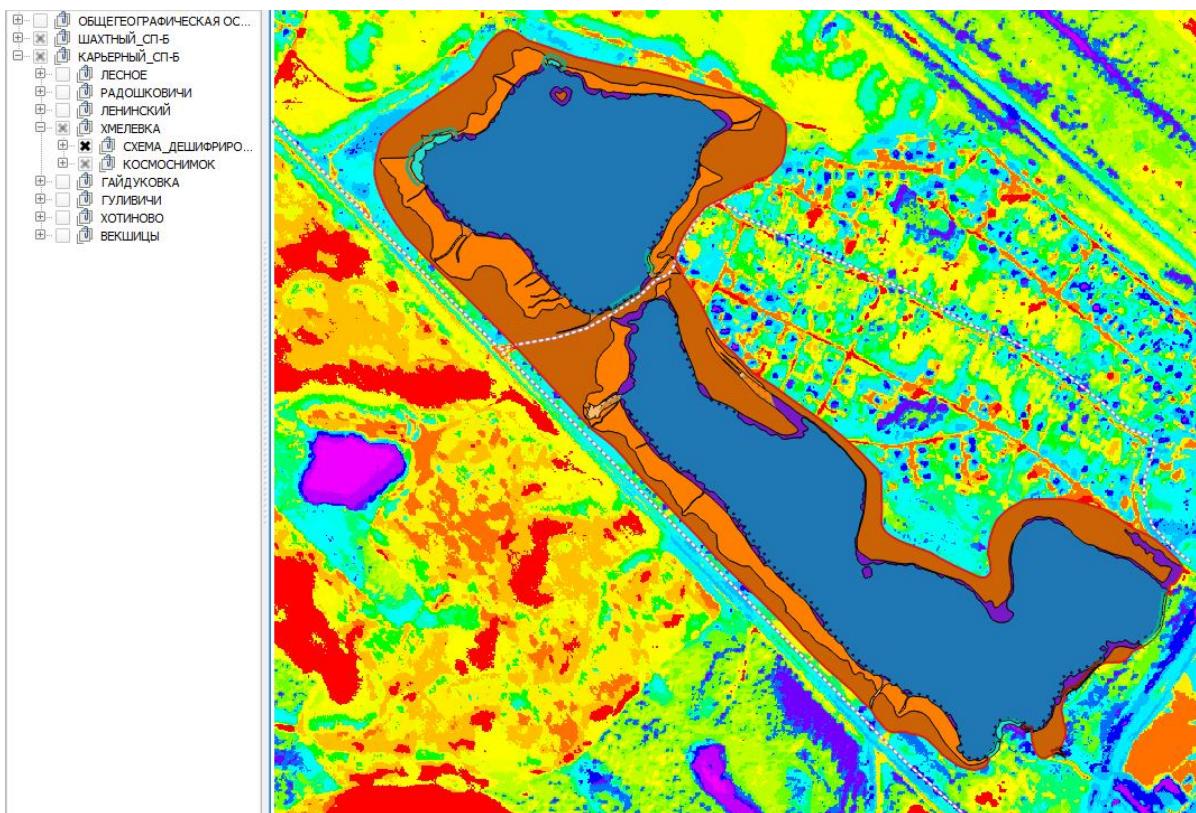


Рис. 4. Отображение слоев космогеоэкологической информации карьера песчано-гравийных смесей «Хмелевка» в программном интерфейсе QuantumGIS

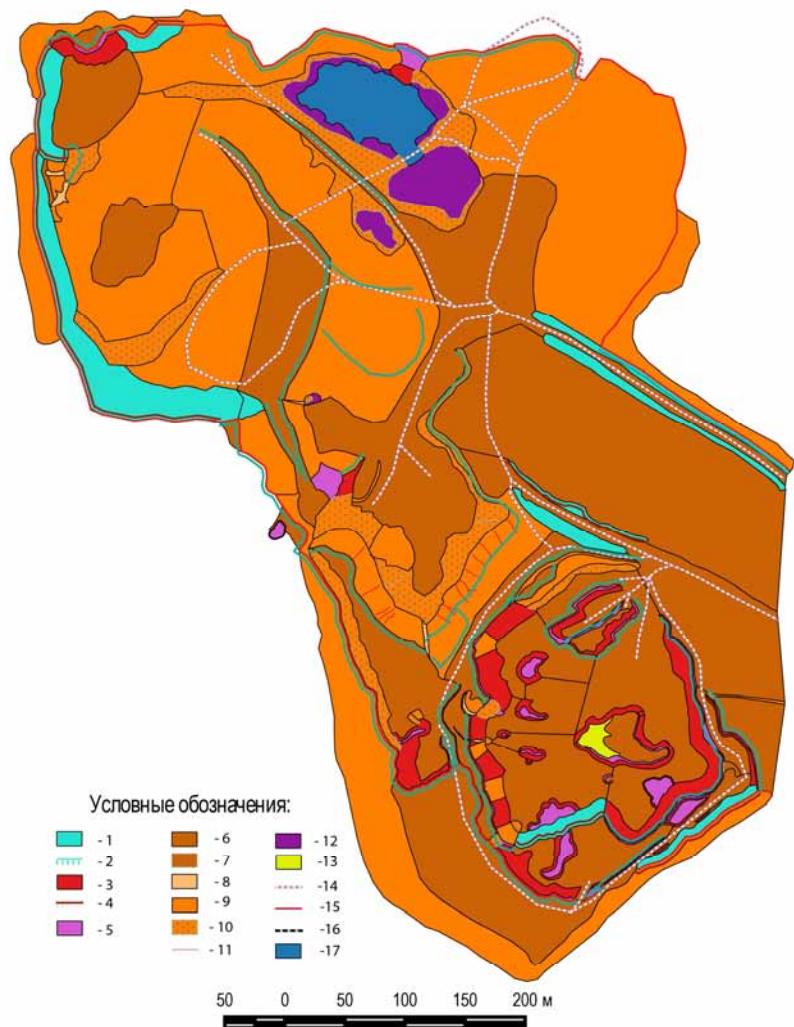


Рис. 5. Космогеоэкологическая схема трансформации геологической среды ЭГП в районе разработки месторождения песка карьером «Ленинский» Минского района: I. Процессы связанные с действием гравитационных сил: 1 – оползни, 2 – оползневые уступы, 3 – обвальные и осыпные процессы, 4 – обрывы, 5 – зоны аккумуляции осыпей и обвалов; II. Водно-эрэзационные и аккумулятивные процессы: 6 – склоновая эрозия, 7 – склоновая аккумуляция, 8 – овраги, 9 – овражная эрозия, 10 – накопление пролювия, 11 – эрозионные борозды и промоины; III. Гидрогенные процессы: 12 – заболачивание; IV. Процессы связанные с деятельностью ветра: 13 – эоловые процессы; V. Прочие условные обозначения: 14 – проселочные дороги, 15 – граница карьерной горнотехнической системы, 16 – карьерные водоемы

Таким образом, разработанная технология организации баз геоданных космогеоэкологических индикаторов трансформации геологической среды в карьерных горнотехнических комплексах при освоении месторождений минерального строительного сырья играет важную роль в процессе ведения космического мониторинга геологической среды. Она позволяет вести системный учет результатов как космогеоэкологического, так и наземного мониторинга, систематизировать все источники имеющейся информации об объекте мониторинга, выявить взаимосвязи между компонентами геологической среды дистанционными метода-

ми, а, следовательно, проследить тенденции пространственно-временных трансформаций. Ученные в базе геоданных ЭГП, природные и техногенные факторы их развития при извлечении полезных ископаемых карьерным способом, а также разработанная при этом классификация космогеоэкологических индикаторов экзодинамических процессов позволяют с наибольшей степенью достоверности провести геоиндикационное дешифрирование космических снимков и установить пространственно-временные закономерности развития ЭГП в карьерных горнотехнических системах по данным дистанционного зондирования из космоса.

Литература

1. Борисова, Н. Л. Региональный мониторинг процессов техногенеза / Н. Л. Борисова, Д. А. Пацыкайлик // Региональная физическая география в новом столетии. – Минск : БГУ, 2012. – Вып. 5. – С. 71–74.
2. Губин, В. Н. Аэрокосмическое изучение экзогенных процессов в условиях техногенеза / В. Н. Губин, А. А. Ковалев, В. Д. Коркин. – Минск, 2003. – С. 51–65.
3. Золотой, С. А. Белорусская космическая система дистанционного зондирования Земли: современное состояние и перспективы развития / С. А. Золотой // Геоматика. – 2010. – № 3. – С. 31–33.
4. Кузьмин, С. И. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений / С. И. Кузьмин. – Минск : БелНИЦ «Экология», 2010. – С. 141–153.
5. Сивенков, А. Ю. Анализ экзодинамических процессов в солеотвальных комплексах Солигорского горнопромышленного района на основе космической информации / А. Ю. Сивенков // Вестник БГУ. Сер. 2. Химия. География. – 2016. – № 1. – С. 3–14.

Белорусский государственный университет

Поступила в редакцию 12.05.2016 г.

A. Ю. Сивенков

ОРГАНИЗАЦИЯ БАЗЫ ГЕОДАННЫХ КОСМОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ ТРАНСФОРМАЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КАРЬЕРНЫХ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В статье представлены результаты организации базы геоданных космогеоэкологических индикаторов трансформации геологической среды в карьерных горнотехнических системах при освоении месторождений минерального строительного сырья. Созданная база геоданных обеспечивает ведение системного учета результатов как космогеоэкологического, так и наземного мониторинга трансформации геологической среды посредством космогеоэкологических индикаторов, учитывая при этом все источники имеющейся информации об объектах мониторинга. Такой подход позволяет выявить взаимосвязи между компонентами геологической среды дистанционными методами, а также способствует выявлению текущих тенденций пространственно-временных трансформаций с учетом геоэкологического состояния карьерной горнотехнической системы. На практике доказана возможность использования космической информации и геоинформационных технологий для литомониторинга карьерных горнотехнических систем.

A. Y. Sivenkov

SPACEGEOECOLOGICAL INDICATORS OF GEODATABASE ORGANIZATION OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT TRANSFORMATION FOR THE MONITORING OF QUARRY MINING SYSTEMS

The article presents results of geodatabase of spacegeoecological indicators organization of the geological environment transformation in mining systems during development of mineral building materials deposits. This geodatabase maintains a system for results accounting spacegeoecological and terrestrial monitoring of geological environment transformation through spacegeoecological indicators, taking into account all sources of available information about monitoring objects. This approach allows to identify current trends of spatial-temporal transformations taking into account a geoecological condition of mining system. There were proved a possibility of remote sensing data and GIS technologies use for monitoring mining systems in practice.

УДК 553.973

Б. В. Курзо, О. М. Гайдукевич, Е. А. Шабунько

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ, ОСУШЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БАССЕЙНА РЕКИ ЯСЕЛЬДЫ

Рассмотрена история мелиоративного осушения торфяных месторождений и торфяных болот на территории бассейна реки Ясельда. Оценены генезис и качественные показатели ресурсов торфа, их распределение по целевым фондам и современное состояние торфяных болот.

Река Ясельда – второй по площади левобережный приток Припяти. Река берет начало на высоте 168 м над уровнем моря в торфяном месторождении низинного типа Дикое, расположенному в 4,0 км на север от д. Клепачи Пружанского района Брестской области. Впадает в р. Припять с левого берега у д. Качановичи Пинского района (отметка уреза реки при впадении – 131 м). Река Ясельда входит в водную систему, соединяющую Огинским каналом бассейны Черного (р. Припять) и Балтийского (р. Неман) морей.

Длина Ясельды – около 240 км, площадь водосбора – более 6 тыс. км² (без р. Пина). Водосбор расположен на северо-западе Полесской низменности, охватывает водно-ледниковую равнину Загородья и окаймляющие ее заболоченные низины. Водораздел в условиях плоской озерно-аллювиальной низины выражен слабо, что представляет определенные трудности при его выделении. Рельеф водосбора равнинный, однообразный, представлен обширными пространствами болот с участками перевеянных песков, чередованием низких, переходящих друг в друга речных террас с плоскими полуразмытыми моренными образованиями.

В бассейне р. Ясельда имеется около 260 озер преимущественно пойменного генезиса. Озерность бассейна – около 1 %. Вместе с искусственными водоемами озерность достигает 2 %. Крупные озера ледникового происхождения – Выгонощансское, Черное, Белое и проточное Споровское.

Русло реки канализировано в 1971–1978 и 1983–1986 гг. на протяжении 86 км от истока до моста на автодороге Брест–Москва. На не канализированных участках русло извилистое, шириной 10–40 м, максимально – до 80 м. Берега низкие, заболоченные, после впадения р. Жигулянки у озера Споровское крутые, местами обвалованные. Преобладающие глубины реки – 0,8–2,3 м.

Бассейн р. Ясельда отличается высокой заболоченностью и значительным мелиоративным преобразованием. По состоянию на 1 января 2006 г. мелиорирован 31 % площади бассейна реки.

Мелиорация существенно повлияла на гидрографическую сеть бассейна и ресурсы торфа.

Цель работы – провести анализ мелиоративных работ на водосборе р. Ясельда и антропогенной трансформации речной сети в ретроспективном разрезе; оценить трансформацию структуры землепользования и связанных с ней изменений структуры торфяного фонда и ресурсов торфа.

Первые сведения об осушительных работах в Полесье относятся к середине XVI в., когда приглашенные итальянские мастера спроектировали и построили недалеко от территории водосбора Ясельды мелиоративную систему в Кобринском старостве. Материальный памятник этой системы – канал Бона, предназначенный для осушения крупного торфяного месторождения Борисовское (920 га) и нескольких более мелких по площади торфяных болот. Это самый старинный гидромелиоративный объект Беларуси сохранился до наших дней. Строительство канала ознаменовало официальное начало мелиоративных работ не только на территории Брестской области, но и в целом на территории Беларуси. В Кобринском районе установлен памятный знак первому мелиоративному каналу [12].

Самым старым мелиоративным объектом территории бассейна р. Ясельда является Огинский канал, который начали сооружать в 1767 г., а в 1783 г. сдали в эксплуатацию. Длина в пределах бассейна р. Ясельда – около 47 км, в том числе 21,4 км в Пинском районе и 25,4 км – в Ивацевичском. В XIX в. канал в основном использовали для лесосплава, но пассажирские пароходы с паровыми двигателями ежедневно курсировали по маршрутам Пинск–Телеханы и Пинск–Слоним. Благодаря каналу началось мелиоративное осушение прилегающих территорий и активное развитие окружающих поселений. Канал эксплуатировали и в довоенное время, однако в период Великой отечественной войны его навигационная система разрушена и больше не восстанавливалась.

В начале XIX в. в районе д. Мерчицы, на северо-западе от Пинска, построена одна из первых в Беларуси мелиоративных систем с за-

крытым дренажем, а на юго-востоке от Пинска, возле д. Лопатино, расположен первый объект польдерного строительства в Беларуси, обустроенный еще в середине XVIII в. [1].

Следует отметить, что мелиоративное осушение торфяных болот бассейна р. Ясельда в середине XIX в. проводилось слабыми темпами, вручную. Как следует из схемы (рис. 1) мелиоративная сеть того времени приурочена в основном к небольшим по размерам торфяным месторождениям и заболоченным территориям в районе населенных пунктов и закладывалась для

расширения площади обрабатываемых земель в местах размещения господских дворов за счет средств местных помещиков.

Общая длина мелиоративных каналов к семидесятым годам XIX в. на водосборе р. Ясельда достигла 500 км (табл. 1). Средняя длина каналов была около 6 км, а их общее количество составляло немногим более 80. Наибольшая густота мелиоративных каналов характерна для территории Ивацевичского и Дрогичинского районов в пределах водосбора р. Ясельда.

Таблица 1. Характеристика мелиоративной сети в пределах водосбора р. Ясельда к 1870-м годам (составлена по картам В. В. Шуберта [20])

Район	Площадь водосбора р. Ясельда, км ²	Количество мелиоративных каналов, шт.	Длина каналов, км		Густота каналов, м/км ²
			общая	средняя	
Пружанский	1200	8	102,0	12,7	85
Березовский	1500	28	140,4	5,0	94
Ивацевичский	1280	19	142,6	6,5	111
Дрогичинский	500	8	52,5	6,6	105
Ивановский	610	12	55,6	4,6	91
Пинский	1110	8	51,7	4,3	47
<i>Всего:</i>	<i>6200</i>	<i>83</i>	<i>498,0</i>	<i>544,8</i>	<i>6,1*</i>

* Без учета Огинского канала.

Осушительная мелиорация в Беларуси получила заметное развитие с середины 1870-х, когда для осушения торфяных болот была организована Западная экспедиция во главе с И. И. Жилинским. С 1874 по 1895 г. ученый руководил осушительными работами в западных областях Российской империи, главным образом в Беларуси. Перед Западной экспедицией стояла задача осушения Полесской низменности для развития сельского и лесного хозяйства, расширения площадей сенокосов и пастбищ за счет мелиоративного осушения болот, организации заготовки и сплава древесины по рекам черноморского бассейна. Для этого комплексно изучены природные условия Полесья (орография, гидрография, климат, геоботаника, гидрогеология, гидрология и почвы), проведены обширные геодезические работы, создана сеть местных метеорологических станций. По отдельным речным бассейнам выполнены и реализованы проекты осушения. Одновременно проводились исследования по выращиванию на мелиорированных землях озимых и яровых культур, кормовых трав и овощей, «чтобы на деле показать полесскому крестьянину способы и приемы разработки болот под пашню и огорода, хорошим примером вызвать у него охоту к перениманию» [6]. Проект осушения Полесья не имел аналогов в мире и в 1878 г. на Международной выставке в Париже был удостоен почетного диплома, а его руководитель – И. И. Жилинский – награжден золотой медалью.

В конце XIX в. заболоченность бассейна р. Ясельда по данным экспедиции И. И. Жилинского составляла 43 %. Площадь торфяных болот в бассейне оценивалась 1,75 тыс. кв. верст при общей площади бассейна 4,1 тыс. кв. верст [6]. Площадь осущенных земель в Минской и Волынской губерниях, превращенных в культурные земли, составила на тот период свыше 2,5 млн га [14]. В процессе выполнения работ построено 4367 верст каналов, 549 мостов и переездов, более 30 шлюзов. Важно отметить, что многие мелиоративные сооружения того времени предназначались не только для перераспределения стока с торфяных болот, но и управления водными ресурсами.

В XX в. ведущим фактором развития природной среды в пределах бассейна стала хозяйственная деятельность человека, результатом которой явилось освоение заболоченных, и до этого непригодных, земель. В начале XX в. интенсивность проводимых мелиоративных мероприятий в бассейне р. Ясельда возросла. Несмотря на военные действия в период Первой мировой войны, в межвоенное время, когда территория Западной Беларуси находилась в составе Польши, в бассейне р. Ясельда проложены главные осушительные каналы – Винец, Рожковичский, Дятловичский, Ходаковский, Обровский, Ясельдовский, Жегулянский, Главный, Ошанский, Лешковский и другие более мелкие каналы.

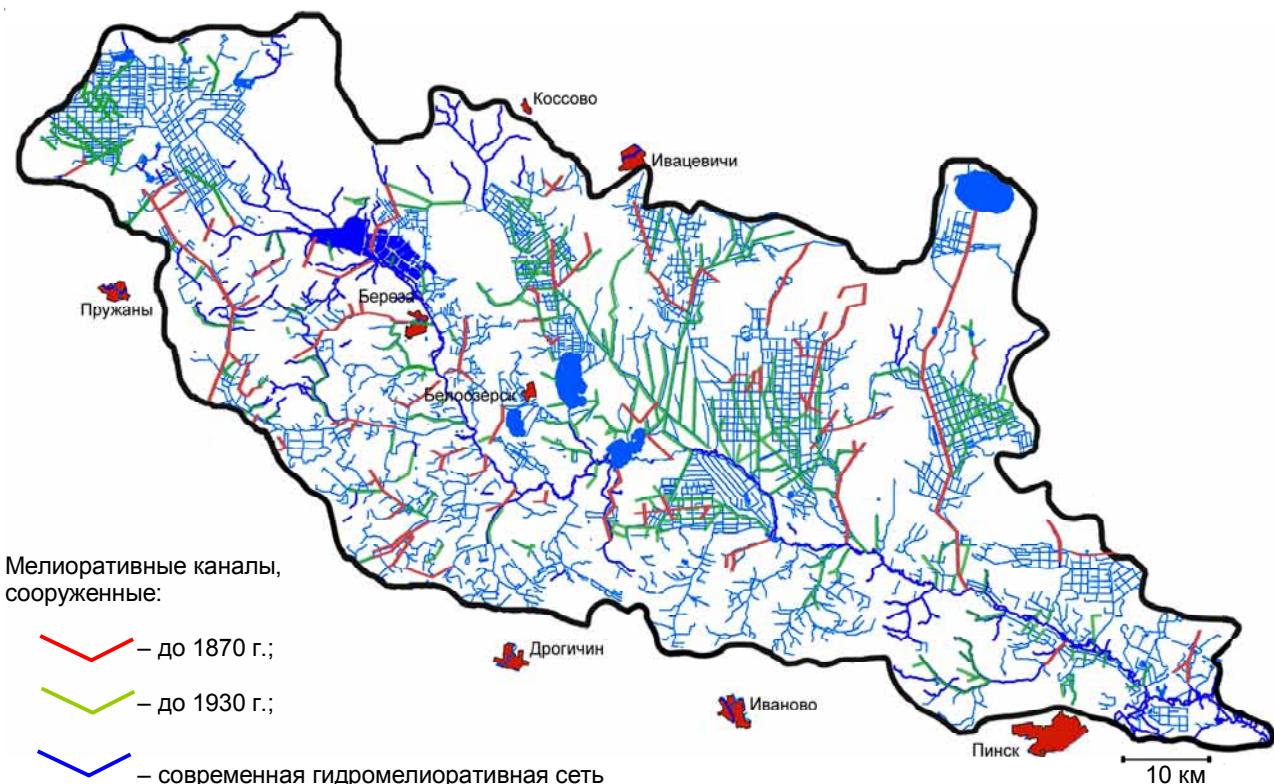


Рис. 1. Схема размещения мелиоративных каналов на водосборе р. Ясельда

За первые 30 лет XX в. длина осушительной сети мелиоративных каналов на водосборе р. Ясельда существенно увеличилась и ее общая длина, определенная по польским топографическим картам масштаба 1 : 100 тыс. издания 1924–1932 гг. [11], составила 1250 км, т. е. приблизительно в 2,5 раза больше, чем было полвека назад. Конфигурация мелиоративной сети того времени представлена на рис. 1. В связи с тем, что добыча торфа на тот период практически не производилась, а крупные сельскохозяйственные предприятия отсутствовали, в довоенное время создавались системы разветвленных каналов, отводящих воду с крупных торфяных болот и позволяющих осуществлять сельскохозяйственное производство на незначительных по площади мелиорированных участках. Обращает на себя внимание тот факт, что все крупные торфяные месторождения водосбора р. Ясельда к тому времени были осушены редкой сетью каналов, длина которых в отдельных случаях могла достигать 20 км и более. В целом для довоенного периода осушения заболоченных земель характерно то, что массовая мелиорация сводилась лишь к сбросу избыточных вод с переувлажненных территорий по системе преимущественно открытых каналов и в меньшей степени – закрытого дренажа.

Уже в то время гидротехническая мелиорация привела к заметному изменению струк-

туры земельного фонда в пределах бассейна р. Ясельда. По состоянию на 1920–1930-е годы наибольшую площадь в пределах рассматриваемой территории занимали болота и заболоченные земли – 42 %, под лесами – 33, под сельскохозяйственными, селитебными и другими видами преобразованных в ходе хозяйственной деятельности человека землями – 23, под водными объектами – 2 % [10].

Интенсивный этап мелиорации Полесья начался в послевоенное время. Этому способствовало постановление Пленума ЦК КПСС от 27 мая 1966 г. «О широком развитии мелиорации земель для получения высоких и устойчивых урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур». В мелиоративной практике начался переход от мелких локальных мелиоративных систем к крупным системам, полностью охватывающим водосборы малых и средних рек и комплексно решаящих вопросы регулирования водного режима. Схема развития мелиоративных работ по осушению торфяных болот на рассматриваемой территории в послевоенное время представлена на рис. 2.

Всего за послевоенный период мелиоративному преобразованию при осушении средних и крупных водосборов рек подвергнуто около 30 % территории бассейна Ясельды (табл. 2). Наиболее интенсивное мелиоративное осушение торфяных болот проведено в период с 1960 по 1980 г.

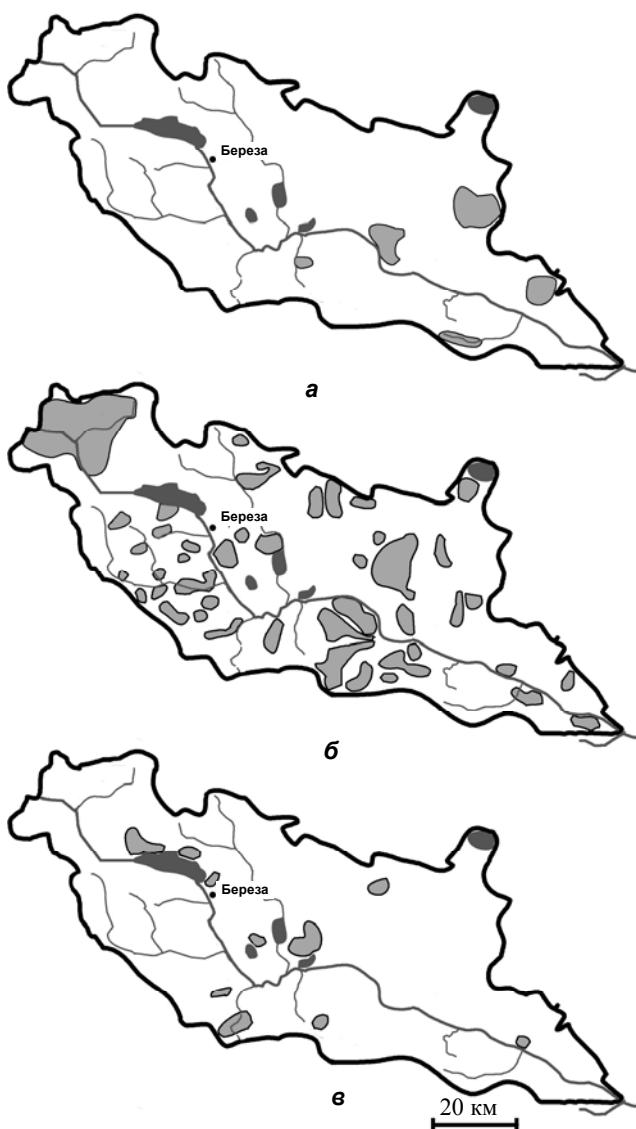


Рис. 2. Размещение на торфяных месторождениях и заболоченных землях водосбора р. Ясельда в послевоенное время крупных осушительно-мелиоративных систем: а – введенных до 1961 г.; б – построенных в 1961–1980 гг.; в – построенных и реконструированных после 1980 г.

Таблица 2. Площадь проведения осушительно-мелиоративных мероприятий в послевоенное время на малых и средних водосборах рек бассейна Ясельды

Период мелиорации, гг.	Площадь осущенных земель, тыс. га	Доля от площади водосбора р. Ясельда, %
1945–1960	24,3	4
1961–1980	144,4	23
1981–2010	19,2	3
<i>Всего:</i>	<i>187,9</i>	<i>30</i>

К началу XXI в. структура земельного фонда бассейна р. Ясельда претерпела значительные изменения. Доля сельскохозяйственных, селитебных и других видов преобразованных в ходе хозяйственной деятельности человека земель, основную часть которых составляют торфяные болота и заболоченные участки, увеличилась до 50 %, площадь лесов – до 43 %. Доля неосущенных болот и заболоченных земель существенно сократилась [10]. Согласно сделанным расчетам [10], площадь торфяных болот в естественном состоянии в бассейне р. Ясельда на начало XXI в. снизилась в 8 раз по сравнению с 1920–1930-ми годами XX в. и составила 29,4 тыс. га.

Наибольшее увеличение доли трансформированных сельскохозяйственных земель в структуре земельного фонда бассейна к началу XXI в. произошло в пределах Лунинецкой (с 4,2 до 46,0 %) и Наревско-Ясельдинской (с 7,7 % до 32,3 %) низин, а наименьшее – в пределах Загородья и Косовской равнины, где до проведения широкомасштабной осушительной мелиорации доля переувлажненных земель была низкой. Заметное изменение доли сельскохозяйственных земель, болот и заболоченных земель в структуре земельного фонда бассейна р. Ясельда в XX в. было обусловлено, главным образом, проводимой сельскохозяйственной политикой, направленной на экстенсивное увеличение валовой продукции за счет включения в хозяйственный оборот мелиорированных земель.

В этих условиях остро встал вопрос о последствиях мелиорации торфяных болот на природные комплексы, оценки возможных негативных последствий мелиорации и разработка мероприятий по их предупреждению.

Проявление неблагоприятных процессов при мелиоративном осушении торфяных болот и заболоченных территорий выражается в уменьшении глубины торфа вследствие осадки залежи, снижении уровня грунтовых вод (УГВ) и последующей минерализации органического вещества на прилегающей территории. Как показали исследования в бассейне р. Ясельда, снижение УГВ наблюдается в основном на полосе шириной 1,5–2,0 км и реже – до 5,0 км вокруг осушаемой территории [4, 5, 19]. Следствием снижения УГВ на осущенных торфяных болотах является минерализация и потеря органического вещества торфа, которая в среднем составляет 6–11 т с гектара в пересчете на 40 %-ную условную влажность торфяного сырья [3].

Изучение особенностей гидрологических процессов при осушении болот Припятского Полесья показывает, что в режиме рек заметное увеличение объемов годового стока

наблюдается в первые годы после осушения. В дальнейшем сезонный сток рек перераспределяется с уменьшением объемов весеннего половодья и увеличением меженного стока, при этом объем годового стока не изменяется или незначительно увеличивается в связи с увеличением подземного питания после осушения. Под влиянием мелиорации режим стока становится более равномерным, что характерно в типичные по водности годы. Заметнее изменяется водный режим в связи с мелиорацией в отдельные не типичные по увлажненности годы, а в среднем за многолетний период эти различия нивелируются. Другими словами, водные ресурсы территории и общий влагооборот в результате мелиорации заболоченных площадей значительно не изменяются, в основном перераспределяются водные массы и увеличивается грунтовая составляющая стока [19].

Большинство исследований свидетельствует, что в целом на годовой сток влияние мелиорации практически не оказывается. Однако нет однозначных выводов о влиянии мелиорации на внутригодовое распределение стока. Большая часть исследователей склоняется к выводу о повышении меженных (летних и зимних) расходов воды после проведения мелиоративных работ. Относительно максимального стока весенних половодий и дождевых паводков выводы даже по одной и той же реке оказываются противоположными: в одних случаях, отмечается увеличение максимумов, в других – их снижение [4, 5].

Таким образом, можно констатировать, что со второй половины XX ст. интенсивность техногенной трансформации гидросети водосбора р. Ясельда, связанная с мелиоративным осуше-

нием не уступает, а в пределах некоторых территорий даже превышает суммарное действие природных экзогенных факторов. В результате проведения мелиоративных работ с каждым годом доля торфяных месторождений и торфяных болот в естественном состоянии уменьшалась и, соответственно, увеличивалась доля осущеных земель. В настоящее время на исследованной территории площадь осущеных земель превышает площадь болот более чем в 4 раза [17]. Большая часть осущеных территорий используется под сельскохозяйственные земли, а другая – для добывчи торфа. За все годы торфодобычи в бассейне р. Ясельда осталось 57 выбывших из эксплуатации торфоучастков, причем только третья часть из них условно относится к выработанным.

По районированию А. П. Пидопличко [13] торфяные месторождения бассейна р. Ясельда входит в область крупных низинных болот Полесья, первые сведения о которых были получены в довоенное время польскими исследователями [21]. Целенаправленные геологоразведочные работы по оценке запасов торфа на данной территории выполнены в послевоенное время [16, 18]. Всего на водосборе р. Ясельда имеется 92 торфяных месторождения общей площадью в контурах нулевой залежи торфа 1500 км² (табл. 3). На картосхеме (рис. 3) показано размещение крупных торфяных месторождений на водосборе р. Ясельда. Если для Полесья в целом заболоченность территории составляет 18 % [13], то бассейн р. Ясельда в среднем заболочен более чем на 24 %. Особенно высока заболоченность в пределах Ивацевичского (34,4 %), Пинского (28,6 %) и Ивановского (25,5 %) районов.

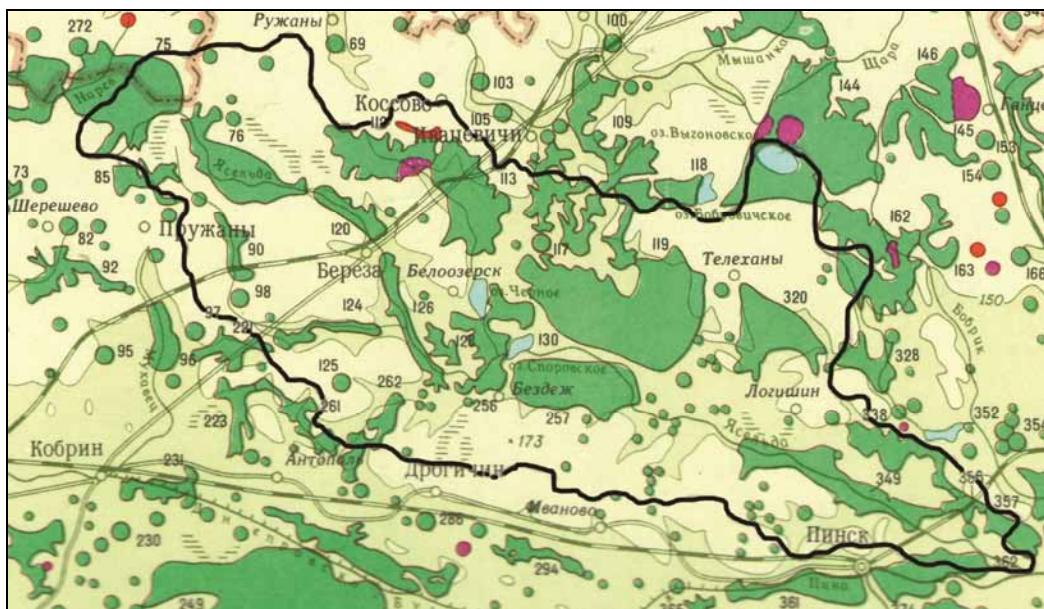
Таблица 3. Характеристика заболоченности бассейна р. Ясельда в пределах административных районов

Район	Площадь района в пределах бассейна, км ²	Количество торфяных месторождений, шт.	Площадь в нулевой границе торфа, км ²	Площадь в границе промышленной (1 м) глубины торфа, км ²	Средняя мощность торфа, м	Заболоченность района, %
Березовский*	1500	18	278,3	200,8	1,3	18,6
Дрогичинский	500	10	100,3	74,7	1,1	20,1
Ивановский	610	17	155,7	129,6	0,9	25,5
Ивацевичский	1280	12	440,2	323,2	1,4	34,4
Пинский	1110	26	317,6	179,9	1,1	28,6
Пружанский	1200	9	207,9	153,0	1,2	17,3
<i>Всего:</i>	<i>6200</i>	<i>92</i>	<i>1500,0</i>	<i>1061,2</i>	<i>1,15</i>	<i>24,2</i>

*Административный район полностью расположен в бассейне р. Ясельда.

Торфяные месторождения исследованной территории отличаются незначительной мощностью торфа, которая в среднем составляет 1,15 м, в то время как для Брестской области в целом она равна 1,4 м [18]. Наиболее мелкозалежные торфяные месторождения размещаются

в Ивановском, Пинском и Дрогичинском районах. В настоящее время, после осушения заторфованных территорий и, соответственно, минерализации торфа, многие мелкозалежные месторождения в данных районах прекратили свое существование.



Условные обозначения:

ТИПЫ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

- ● ● Верховой (В)
- ● ● Смешанный и переходный (С и П)
- ● ● Низинный (Н)

— граница водосбора р. Ясельда

257 — номер месторождения по кадастру [18]

Рис. 3. Карта-схема размещения крупных торфяных месторождений на водосборе р. Ясельда (границы торфяных месторождений показаны согласно [2])

Номер по кадастру	Месторождение	Превоначальные запасы торфа, млн т
75	Дикое	50,4
76	Хоревское	19,2
112	Стубла	14,6
113	Заеловое	21,7
119	Обровское	29,8
120	Леошки	3,2
126	Пешанка	8,1
128	Берестовец	4,8
130	Чайкого-Гнилка	9,5
144	Выгонощанское	120,7
256	Старомлыны	4,4
257	Пушицевое	21,6
262	Мостки (Виры)	7,3
320	Хворощанское	27,8
349	Жук	7,5
362	Городищенское	14,7

Реконструкция природной обстановки древнего голоценена, выполненная по данным спиро-пыльцевого анализа опорных разрезов показала, что понижения рельефа, в которых сформировались торфяные месторождения исследованной территории, начали заполняться осадками в послепедниковое время, причем в начале это были преимущественно неглубокие озера. Так, на месторождении торфа Здитово Березовского района торфяная залежь начала формироваться в позднем дриасе (10–11 тыс. лет назад) [7, 8]. В торфяном месторождении Иванисовка Пинского района нижние слои озерных отложений сформировались около

12800±400 лет назад, а затем были перекрыты торфом [8, 9].

Следует отметить, что нижние слои донных отложений современных озер рассматриваемой территории также относятся к позднеледниковому и древнеголоценовому времени. В детально изученном разрезе осадков озера Споровское, расположенном в среднем течении р. Ясельда, начало формирования донных отложений приурочено к позднеледниковому времени [7].

Более ранние исследования возраста торфяных залежей в центре Полесья показали, что наиболее древние слои торфа начали образовываться около 11,0–10,2 тыс. лет назад,

что соответствует позднему дриасу и преоборе-
алу [13, 21].

Наиболее широко болотообразовательные процессы на территории исследования происходили в атлантический период с нижней границей 8000 лет назад и верхней границей 5000 лет назад. В это время, соответствующее климатическому оптимуму голоцену, началось массовое образование низинных болот в центральном Полесье. Верховые болота в Полесье не получили широкого распространения, так как геоморфологические и гидрологические условия здесь обеспечили обильное водно-минеральное питание болотной растительности. Лишь единичные болота Полесья к концу атлантического периода перешли в олиготрофную стадию. Поэтому в

бассейне р. Ясельда абсолютно преобладают торфяные месторождения низинного типа (табл. 4), что характерно для данного региона Полесья. Месторождений переходного и смешанного типов здесь насчитывается единицы, а верховые отсутствуют вовсе. Первоначальные запасы торфа в месторождениях бассейна р. Ясельда составляли около 262 млн. м³. Наибольшие объемы торфа были сосредоточены на территории распространения крупных торфяных месторождений в Ивацевичском, Березовском и Пинском районах. Низинный торф месторождений в бассейне р. Ясельда имеет повышенную степень разложения (в среднем 45 %) и высокую зольность, которая в среднем составляет более 20 %.

Таблица 4. Ресурсы и качественная характеристика торфа в бассейне р. Ясельда

Район	Перво- началь- ные за- пасы торфа на период развед- ки, млн т	Тип залежи торфа			Средние качественные показатели торфа, %		Запасы торфа на 2013 г., млн т		
		сме- шан- ный	пере- ход- ный	низин- ный	степень раз- ложения	золь- ность	остав- шиеся	добыто за все время	минера- лизовано торфа
Березовский	47,9	–	–	18	42	18,8	27,6	5,4	14,9
Дрогичинский	18,1	1	–	9	46	20,6	3,3	1,3	13,5
Ивановский	20,9	–	1	16	47	23,5	2,6	1,3	17,0
Ивацевичский	90,7	–	–	12	40	16,0	64,2	10,2	16,3
Пинский	44,6	–	1	25	46	19,3	22,0	1,8	20,8
Пружанский	39,6	–	–	9	40	15,5	33,8	1,5	4,3
<i>Всего:</i>	<i>261,8</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>89</i>	<i>45</i>	<i>20,1</i>	<i>153,5</i>	<i>21,5</i>	<i>86,8</i>

Как показано выше, в послевоенное время в бассейне р. Ясельда проводилось интенсивное мелиоративное осушение мелковалежных торфяных болот и приблизительно половина торфяных месторождений после осушения разрабатывалась районными агропромышленными предприятиями для производства преимущественно торфонавозных компостов. Наиболее качественные по составу торфяные залежи использовались для производства топлива (кусковой и резной торф, брикеты и полубрикеты, торфокрошка). На изученной территории действовало пять торфопредприятий. Одной из сырьевых баз торфопредприятия «Чепелевское Багно» были малые месторождения торфа на северо-востоке от Пружан. Торфопредприятие «Березовское» разрабатывало три торфяных месторождения в Ивацевичском районе и одно – в Березовском («Березовское»). В Ивановском районе действовало торфопредприятие «Огдемер», а в Пинском – «Сушицкое». В Дрогичинском районе работал филиал торфопредприятия «Кобринское».

В результате разработки торфяных залежей действовавшими в то время торфопредприятиями и районными отделениями «Сельхозтехника» добыча торфа на территории водосбора р.

Ясельда за все время составила более 21 млн т (табл. 4). Наиболее интенсивно торф добывался в Ивацевичском (10,2 млн т суммарно) и Березовском (5,4 млн т) районах. Значительные площади осущенных торфяных болот приводили к интенсивной минерализации и потере торфа. Разработанный прогноз изменений структуры почвенного покрова показывает, что ежегодный расход торфа 40 %-ной влажности с каждого гектара севооборотной площади в среднем составляет 6–11 т [11]. Потери торфа в результате осушки и минерализации на территории бассейна р. Ясельда составили более 86 млн т, что согласуется с общей площадью нарушенных и мелиорированных болот исследованного водосбора, которая составляет около 110 тыс. га (табл. 5). В естественном или близком к нему состоянии находится около 27 % площади торфяных месторождений бассейна.

Баланс оставшихся запасов торфа в бассейне р. Ясельда по целевым фондам, согласно разработанной «Схеме распределения торфяников по направлениям использования на период до 2030 года» [15], утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 1111 от 30.12.2015 г., представлен в табл. 6. Оставшие-

ся запасы торфа на территории водосбора р. Ясельда составляют 153,5 млн т, в том числе: разрабатываемый фонд – 29,4; фонд, подлежащий особой и/или специальной охране – 39; земельный фонд – 85,1.

Согласно распределению торфяных запасов бассейна р. Ясельда, самый большой объем торфяных ресурсов (более 55 %) направлен на воспроизводство почвенного плодородия и возделывание урожая сельскохозяйственных культур. В настоящее время большая часть крупных пойменных торфяных месторождений бассейна р. Ясель-

да, подлежащих особой и специальной охране, располагается в пределах особо охраняемых природных территорий – республиканских биологических заказников «Бусловка» (7,9 тыс. га) и «Споровский» (11,3 тыс. га), а также республиканском ландшафтном заказнике «Выгонощанский» (более 10 тыс. га в площади водосбора р. Ясельда). Разрабатываемый торфяной фонд незначительно увеличился по сравнению со «Схемой рационального использования и охраны торфяных ресурсов БССР на период до 2010 года».

Таблица 5. Современное состояние торфяных болот бассейна р. Ясельда, га/%

Район	Площадь в нулевой границе торфа	Естественное или близкое к нему состояние	Осушено под залужение, пастбище, сенокос и лесопосадки		Осушено под пашню		Площади торфоучастков, бывшие в эксплуатации [16]		Площади с минерализованным торфом и болота под водохранилищами
			дренажем	открытой сетью каналов	дренажем	открытой сетью каналов	всего	в том числе выработанные от торфа	
Березовский	27 832	7961	3029	1089	3237	4100	6480	3232	1936
Дрогичинский	10 028	3002	265	1060	1024	3652	1025	703	–
Ивановский	15 568	6295	651	550	2126	2784	2800	1087	362
Ивацевичский	44 018	10 679	1060	6209	8408	12 231	5431	4112	–
Пинский	31 759	5869	1500	2332	6130	5205	5081	797	5642
Пружанский	20 795	6330	620	11 120	709	1009	1007	858	–
<i>Всего:</i>	<i>150 000</i>	<i>40136</i>	<i>7125</i>	<i>22 360</i>	<i>21 634</i>	<i>28 981</i>	<i>21 824</i>	<i>10 789</i>	<i>7940</i>
			<i>100</i>	<i>26,8</i>	<i>4,8</i>	<i>14,9</i>	<i>14,4</i>	<i>19,3</i>	<i>5,3</i>

Таблица 6. Распределение запасов торфа в бассейне р. Ясельда по направлениям использования

Район	Оставшиеся запасы торфа на 2013 г., млн т	Разрабатываемый фонд		Земельный фонд		Болота, подлежащие особой или специальной охране, га	
		га	млн т	га	млн т	га	млн т
Березовский	27,6	0	0	19 617	15,9	10 238	11,7
Дрогичинский	3,3	0	0	2853	1,0	2148	2,3
Ивановский	2,6	0	0	6646	1,7	2945	0,9
Ивацевичский	64,2	5021	19,4	31 435	30,5	5135	14,3
Пинский	22,0	3000	10,0	17 409	10,1	2226	1,9
Пружанский	33,8	0	0	12 380	25,9	4897	7,9
<i>Всего:</i>	<i>153,5</i>	<i>8021</i>	<i>29,4</i>	<i>90 340</i>	<i>85,1</i>	<i>27 589</i>	<i>39,0</i>

Выводы

1. Оценка осушительной мелиорации в бассейне реки Ясельда, выполненная в результате анализа разновозрастных топографических карт показала, что к 1870-м годам общая длина осушительной сети на водосборе реки составляла около 500 км и была приурочена в основном к местам размещения крупных помещичьих землевладений. К 1930-м годам общая длина мелиоративных каналов дополнительно увеличилась более чем на 1200 км. В послевоенное время основные осушительно-мелиоративные системы были созданы в 1960–1980 гг. на общей площади 144 тыс. га.

2. Приблизительно половина торфяных месторождений водосбора р. Ясельда образовалась на месте мелководных озер и подстилается сапропелем. Нижние слои торфа большинства месторождений начали формироваться в позднем дриасе (10–11 тыс. лет назад). В бассейне р. Ясельда преобладают низинные залежи торфа (97 %). На смешанные и переходные залежи приходится 1 и 2 % соответственно, а верховые отсутствуют. Торф отличается высокой степенью разложения (40–47 %) и повышенной зольностью (15–23 %).

3. Показано, что в связи с широкомасштабным осушением торфяных болот в бассейне р. Ясельда минерализовалось около 87 млн т торфа,

в то время как его добыча за все время составила 21,5 млн т. В настоящее время оставшиеся запасы торфа составляют 153,5 млн т, из которых, согласно новой «Схемы распределения торфяников по направлениям использования на период до 2030 года», к земельному фонду относится 85,1 млн т, к природоохранному (подлежащему особой или спе-

циальной охране) – 39,0 и к разрабатываемому – 29,4 млн т. По сравнению со «Схемой рационального использования и охраны торфяных ресурсов БССР на период до 2010 года» разрабатываемый торфяной фонд имеет тенденцию к незначительному увеличению.

Л и т е р а т у р а

1. Аспекты рационального природопользования в Брестской области. Знаменитые объекты Пинского и Лунинецкого районов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://books.google.by/>. – Дата доступа : 12.01.2016.
2. Атлас торфяных ресурсов СССР / гл. ред. А. С. Оленин и М. И. Нейштадт. – М., 1968. – С. 68–69.
3. Бамбалов, Н. Н. Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения / Н. Н. Бамбалов. – Минск, 1984.
4. Вахонин, Н. К. Об оценке экологического воздействия государственной программы по реконструкции и ремонту всех мелиоративных систем Беловежской пущи и ее охранной зоны / Н. К. Вахонин, Т. Г Свиридович., В. П. Иванов // Структура и морфогенез почвенного покрова в условиях антропогенного воздействия: материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Минск, 17–20 сент. 2013 г. / редкол.: И. И. Пирожник (гл. ред.), Н. В. Клебанович (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Изд. центр БГУ, 2013. – С. 167–170.
5. Волчек, А.А. Мелиоративное освоение бассейна реки Ясьельды / А. А. Волчек, М. Ф. Мороз, Ю. В. Стефаненко // Науч.-техн. проблемы водохозяйственного и энергетического комплекса в современных условиях Беларуси : сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф., г. Брест, 21–23 сент. 2011 г. – Брест, 2011. – Ч. I. – С. 21–24.
6. Жилинский, И. И. Очерк работ Западной экспедиции по осушению болот 1873–1898 гг. / И. И. Жилинский. – СПб., 1899.
7. Зерницкая, В. П. Палеогеография Белорусского Полесья в позднеледниковые и голоцене (по данным спорово-пыльцевого анализа) : автореф. дис. ... канд. географ. наук : 11.00.04 / В. П. Зерницкая. – Минск, 1991.
8. Зерницкая, В. П. Палиностратиграфия позднеледниковых и голоценовых отложений / В. П. Зерницкая // Проблемы современной палинологии : материалы XIII Рос. палинолог. конф., г. Сытавкар, 5–8 сент. 2011 г. – Сытавкар, 2011. – Т. 2. – С. 104–107.
9. Зерницкая, В. П. История формирования болота Иванисовка (Белорусское Полесье) / В. П. Зерницкая, А. В. Матвеев, С. Н. Тимирева // Літасфера. – 2010. – № 1(32). – С. 20–30.
10. Кот, А. М. Изменение структуры землепользования в пределах бассейна реки Ясьельда в XX веке / А. М. Кот // Устойчивое развитие: экологические проблемы : материалы V регион. науч.-практ. конф., г. Брест, 21 ноября 2013 года. – Брест, 2014. – С. 69–71.
11. Mapa topograficzna. Масштаб 1 : 100 000. – Warszawa : Wojskowy Instytut Geograficzny (Telechany, 1924; Pinsk, 1925; Lohiszyn, 1926; Motol, (1926)–1930; Iwacewicze, 1930; Chomsk, Malecz, Pruzana, 1931; Bereza Kartuska, 1932) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.mapwig.org/>. – Дата доступа : 08.01.2016.
12. Памятный знак первому мелиоративному каналу [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ikobrin.ru/kobtur-permelkanal.php>. – Дата доступа : 12.01.2016.
13. Пидопличко, А. П. Торфяные месторождения Белоруссии / А. П. Пидопличко. – Минск : Изд-во Акад. наук БССР, 1961.
14. Смирнов, А. В. Жизнь болот / А. В. Смирнов. – М., 1973.
15. Стратегия по сохранению и рациональному (устойчивому) использованию торфяников и Схема распределения торфяников по направлениям использования на период до 2030 года : утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 1111 от 30.12.2015 г.
16. Схема рационального использования и охраны торфяных ресурсов БССР на период до 2010 года. Брестская область. – Минск, 1990.
17. Тимофеичик, Н. Н. Сравнительная характеристика гидромелиоративной трансформации рельефа водно-ледниковой равнины Загородья и Новогрудской / Н. Н. Тимофеичик // Устойчивое развитие: экологические проблемы : материалы V регион. науч.-практ. конф., г. Брест, 21 ноября 2013 г. – Брест, 2014. – С. 25–29.
18. Торфяной фонд Белорусской ССР. Брестская область : кадастровый справочник. – Минск, 1979.
19. Шебеко, В. Ф. Особенности гидрологических процессов при осушении болот Припятского Полесья / В. Ф. Шебеко [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.activestudy.info/osobennosti-gidrologicheskix-processov-pri-osushenii-bolot-pripyatskogo-polesya/>. – Дата доступа : 22.02.2016.
20. Шуберт, Ф.Ф. Военно-топографическая карта Российской Империи. Трехверстовка. Съемка 1846–1863 гг. (17-3 – Новый Двор, 1866–1900; 17-4 – Косово, 1865–1890; 18-3.– Кобрин, 1866; 18-4 – Мо-

толь, 1866–1887; 18-5 – Погост, 1866–1887) [Электронный ресурс] / Ф.Ф. Шуберт. – Режим доступа : <http://www.etomesto.ru/shubert-map/>. – Дата доступа : 22.01.2016.

21. Kulczynski, S. Stratygrafija torfowisk Polesja // Prace Biura melioracji Polesja / S. Kulczynski. – Brzesc nad Bugiem, 1930. – T. 1. – S. 37–84.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 18.03.2016 г.

Б. В. Курзо, О. М. Гайдукевич, Е. А. Шабунько

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ, ОСУШЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БАССЕЙНА РЕКИ ЯСЕЛЬДЫ

На основании анализа разновременных топографических карт выполнена оценка осушительной мелиорации в бассейне реки Ясельды. Показано, что к 1870-м годам общая длина осушительной сети на водосборе составляла около 500 км. В то время сеть каналов была приурочена в основном к местам размещения крупных помещичьих землевладений. К 1930-м годам общая длина мелиоративных каналов дополнительно увеличилась более чем на 1200 км. В послевоенное время основные осушительно-мелиоративные системы созданы в 1960–1980 годах на общей площади 144 тыс. га.

Установлено, что приблизительно половина торфяных месторождений водосбора р. Ясельда образовалась на месте мелководных озер, а нижние слои торфа большинства месторождений начали формироваться в позднем дриасе (10–11 тыс. лет назад). Преобладают низинные залежи торфа (97 %). Торф отличается высокой степенью разложения (40–47 %) и повышенной зольностью (15–23 %).

Показано, что в связи с широкомасштабным осушением торфяных болот в бассейне р. Ясельда минерализовалось около 87 млн т торфа, в то время как его добыча за все время составила 21,5 млн т. В настоящее время оставшиеся запасы торфа составляют 153,5 млн т, из которых к земельному фонду относится 85,1 млн т, к природоохранному (подлежащему особой или специальной охране) – 39,0 и к разрабатываемому фонду – 29,4 млн т. По сравнению со «Схемой рационального использования и охраны торфяных ресурсов БССР на период до 2010 года» разрабатываемый торфяной фонд имеет тенденцию к увеличению.

B. V. Kurzo, O. M. Gaiduckovich, E. A. Shabunko

FORMATION CONDITIONS, MELIORATION AND USE OF PEAT DEPOSITS OF THE YASELDA RIVER BASIN

On a base of an analysis of topographic maps of different times, melioration estimation in the Yaselda River basin is done. It is shown that to the 1870th the total length of meliorated network on a catchment was almost 500 km. At the same time a network of canals was confined mainly to placements of large landholdings. To the 1930th the total length of meliorated canals increased additionally to more than 1200 km. In the postwar period the main drainage reclamation systems were created in 1960–1980th on a total area of 144 thous. ha.

It is established that almost a half of peat deposits of catchment of Yaselda River Basin created on a place of shallow lakes, and the lower layers of peat deposits began to form the majority in the Younger Dryas (10–11 thous. years ago). Lowland peat deposits are dominated (97 %). Peat has a high degree of decomposition (40–47 %) and high ash content (15–23 %).

It is shown that due to the large-scale drainage of peatlands in the Yaselda River basin, approximately 87 mln. t. of peat mineralized, while its production for the time amounted to 21.5 mln. t. In present remaining peat deposits are 153 mln. t. from which 21,5 mln. t. are from peat fund, to environmental (subject to particular or special protection) – 39,0 and to developed fund – 29,4 mln. t. On comparison with “The Scheme of rational use and protection of peat resources of BSSR for the period till 2010” developed peat fund has a tendency to increase.

УДК 662.331:878

**Л. С. Лис, В. Б. Кунцевич, С. Т. Мультан, Т. И. Макаренко, Т. Я. Кашинская,
Л. П. Калилец, И. В. Агейчик**

СХЕМА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ОХРАНЫ БОЛОТ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПЕРИОД ДО 2030 ГОДА

Представлены задачи по современной стратегии использования торфяного фонда Республики Беларусь в настоящее время и на ближайшую перспективу. Показаны пригодность и достаточность распределенных торфяных ресурсов Могилевской области по целевым фондам на период до 2030 года.

Стратегия использования торфяных ресурсов, выявляющаяся в объемах добычи и использования торфа, достаточно изменчива во времени. Это иллюстрирует график общей добычи этого ресурса нашего государства во всех его административных форматах. Стратегия использования любого природного ресурса основана на принципах устойчивого природопользования, заключающегося в высокой эффективности освоения, биосферной совместимости и ресурсосбережении.

Разработанная и утвержденная Советом Министров Республики Беларусь в 1991 г. «Схема рационального использования торфяных ресурсов Республики Беларусь на период до 2010 года» (далее – Схема) предполагала установить планомерное освоение этого уникального природного ресурса. Сложившийся в этот период широкий фронт направлений его использования необходимо было систематизировать и подчинить единой тактике освоения, учитывающей сложившиеся приоритеты в планируемом развитии экономики. Выполненное в этом нормативном документе распределение всех торфяных месторождений по целевым фондам: природоохранном, разрабатываемом, земельном, запасном и неиспользуемом было основано на разработанной методологии и научно обоснованных критериях пригодности, учитывающих основные характеристики торфа. Документ содержал также дополнительно предложенный вариант расширения состава всех фондов за счет неиспользуемого фонда. Важными моментами Схемы были представленные в ней прогнозные планы по добыче объемов торфа и сапропеля, торфосапропелевых удобрений на планируемый период, а также намеченные мероприятия по совершенствованию технологий добычи этих природных ресурсов, экологизации связанных с ними производств, причем большой упор делался также на сапропелевое сырье.

Однако наступившие в это время политические и экономические изменения не позволили реализовать намеченные этим документом планы. Начавшийся распад СССР и последующие

обвалы в экономическом развитии существенным образом изменили ситуацию и приоритеты в торфяной отрасли нового государства – Республики Беларусь. Резко стали снижаться объемы добычи торфа из-за отсутствия востребованности. Так, добыча торфа по республике с 10–12 млн т в год в 1990 г. упала до 3 млн т в 1998–1999 гг. Почти полностью были прекращены добыча и использование торфа в качестве органических удобрений в сельском хозяйстве, что в дальнейшем привело к негативным последствиям снижения содержания гумуса многих пахотных земель. Однако, несмотря на возникшие обвальные тенденции экономики, в республике была сохранена торфяная отрасль, в составе которой в рабочем состоянии находятся 23 торфопредприятия, добывающие торф и производящие торфянную продукцию (торфяной брикет, кусковой торф, разнообразные грунты, кипованый торф на экспорт). Структурно эта отрасль подчинена Министерству энергетики Республики Беларусь. Какие же конкретные задачи в области использования торфяных ресурсов в республике стоят на повестке дня в настоящее время и на ближайшую перспективу?

Ряд постановлений директивных органов власти [6, 9, 10] и разработанная в 2008 г. Государственная программа «Торф» [5] конкретизируют эти задачи. Планируется расширение использования торфа в энергетике как местного топлива для замены импортируемых энергоресурсов (нефти и газа). В области переработки этого ценного природного ресурса ориентация направлена на повышение эффективности его освоения за счет глубокой переработки сырья и получения новой инновационной продукции многоцелевого назначения. В сельскохозяйственном производстве повышение эффективности освоения торфяных ресурсов планируется в разработке новых ростстимулирующих и защитных средств, а также введения рациональных методов освоения и эксплуатации торфяных почв.

Решение стоящих задач и выдвинуло необходимость разработки нового нормативного документа по рациональному использованию

торфяных месторождений и охраны торфяных болот Республики Беларусь на период до 2030 года. Эта работа выполнена в Институте природопользования НАН Беларуси за 2013–2015 годы с участием Научно-практического центра по биоресурсам НАН Беларуси.

Сохраняя традиции существовавшего документа, срок действия которого истек в 2010 г., следует рассмотреть новые задачи в разрезе имеющихся целевых фондов, не исключая их некоторую трансформацию.

Разрабатываемый фонд, отправные данные. Торфяная отрасль представлена 23 производственными организациями, добывающими торф и производящими продукцию: торфяные топливные брикеты, грунты питательные, торф верховой кипованный (экспорт), удобрения жидкие с микроэлементами, торф кусковой топливный. Производство основной продукции (топливных брикетов) из-за падения спроса в последние годы неустойчиво, млн т: 2012 г. – 2,8; 2013 г. – 2,4; 2015 г. – 1,0. Вопросы по введению в республике крупных потребителей брикетного топлива (ТЭЦ, цементная промышленность) могли бы существенно поднять потребность в такой продукции, но они находятся на стадии обсуждения. Возможный прирост такой потребности по ориентировочным подсчетам мог бы составить 2–3 млн т, что необходимо предусмотреть в составе разрабатываемого фонда.

Дальнейшее развитие торфяной промышленности, как было обозначено и декларировано в ряде постановлений [9, 10] состоит в постепенной переориентации части ее производства на новую научную продукцию на основе термо- и биохимических технологий глубокой переработки торфа. Именно такие производства позволяют наиболее эффективно и полно использовать уникальное своеобразие состава органической и минеральной части этого ресурса, преобразовав битумные, гуминовые, водорастворимые и легко-гидролизуемые вещества в ценную продукцию многоцелевого назначения с высокой добавленной стоимостью [3]. В этой связи в разрабатываемый фонд следует включить сырьевую базу для таких производств, учитывая то обстоятельство, что требования к сырью этих производств достаточно избирательны. Кроме того, необходимо предусмотреть также сырьевую базу для развития производств местного уровня (удобрения, грунты, бытовое топливо) с учетом тенденций по развитию частного предпринимательства.

Природоохранный фонд (по современной терминологии именуемый как болота, подлежащие особой и (или) специальной охране) занимал важное значение в работе по перераспределению торфяных месторождений по направлениям использования. Это объясняется возрастающими требованиями последнего времени в эко-

логизации жизни и производств в человеческом обществе, а также важной ролью торфяных месторождений и торфяных болот в выполнении многих, порой незаменимых, функций в природе. В ряде правительственные документов [4, 7] этой области приданы высокие рубежи.

Наши коллеги по сотрудничеству – НПЦ по биоресурсам НАН Беларуси – разработали расширенную систему критериев по принадлежности объектов к обсуждаемому фонду. Эта система включает семь категорий критериев, которые учитывают международные обязательства и требования, нормы национального уровня по видовому разнообразию, поддержанию качества водных объектов, поддержанию популяций ресурсно-значимых видов растений и животных, учитывают научную, познавательную, культурную и рекреационную значимость анализируемых объектов. При выделении природоохранных объектов принимались во внимание список дикорастущих растений и диких животных, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, а также перечень редких и типичных биотопов, утвержденный Министерством природных ресурсов Республики Беларусь.

На основе проведенных натурных исследований и анализа ведомственных сведений и данных служб местного уровня с учетом системы критериев и разнообразного картографического материала были разработаны предложения по составу природоохранного фонда, представленного уже документально существующими и планируемыми к образованию объектами. При этом был пересмотрен и существенно уточнен существующий фонд. Предложенный состав фонда согласован со службами районных и областных исполнкомов.

Земельный фонд предназначался для использования в сельско-, лесо- и водохозяйственной работе и предполагал включение в него мелкозалежных (менее 1,0 м) торфяных месторождений. Однако проводимая для этих целей масштабная мелиорация заболоченных земель внесла в такое планирование значительные корректиры. В земельный фонд во многих регионах попали крупные по площади и с большими запасами торфяные месторождения, о чем свидетельствуют данные по доли таких объектов в составе земельного фонда [13].

Анализ состояния этих почв свидетельствует, что длительное время их эксплуатации, а зачастую и в нерекомендованном режиме, приводит к деградации их торфяного слоя. Эти обстоятельства ставят на повестку дня вопрос о проведении детальной инвентаризации этого фонда, особенно в части сельскохозяйственного использования, с тем, чтобы на основании этого перевести их на оптимальный, научно обоснованный режим эксплуатации. Это тем более необходимо в связи со значительным пополне-

нием состава этого фонда за счет объектов прежнего – неиспользуемого. По-видимому, полученные данные такой инвентаризации дадут основание исключить из торфяного фонда определенную часть деградированных объектов.

Фонд особо ценных видов торфа (прежнее название – запасной) имеет важное значение в дальнейшем развитии торфяной отрасли, так как он является сырьевой базой новых производств по выпуску нетрадиционной продукции многоцелевого назначения на основе глубокой переработки торфа. Из этой продукции следует перечислить: мелиоранты и удобрительные смеси, органические и органоминеральные удобрения, грунты, ростовые и фунгицидные препараты, консерванты кормов и кормовые добавки, ингибиторы коррозии, торфощелочные реагенты для бурения, литейные и антиадгезионные составы, воски, предметы бытовой химии, полиграфические материалы, лекарственные препараты и многое другое. Отметим, что важнейшее сырье этого фонда (битумное и «гидролизное») находится под государственной защитой для специализированного использования [8], поэтому авторами в состав этого фонда включены именно перечисленные в указанном документе объекты. Сюда включены также торфяные месторождения, содержащие сырье для производства лечебных грязей, информация о которых взята из выполненных исследований [11]. Намечающиеся в дальнейшем исследования по биологической, в том числе и ферментативной активности продукции на основе торфа, по нашему мнению, могут значительно расширить состав этого фонда для конкретной востребованной продукции.

В заключение отметим, что работа по перераспределению торфяных месторождений и торфяных болот по направлениям использования, которая и положена в основу новой Схемы, проводилась с использованием справочных кадастровых данных, большого картографического материала, с учетом положений разработанного нормативного документа ТКП 17.12-08-2015 (33140) «Определение направления использова-

ния торфяных месторождений и болот», утвержденного и введенного в действие Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Работа многочисленного коллектива специалистов завершилась созданием нормативного документа с названием в окончательной редакции «Схема распределения торфяников по направлениям использования на период до 2030 года и комплекта карт-схем для всех административных районов Республики Беларусь с нанесенными торфяными месторождениями и болотами, распределенными по целевым фондам [12].

Основные результаты этого документа, заключенные в обобщенных данных по каждой из областей, утверждены 30 декабря 2015 года постановлением № 1111 Совета Министров Республики Беларусь с рекомендацией облисполкомам совместно с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Национальной академией наук Беларусь обеспечить утверждение и реализацию областных схем распределения торфяных месторождений по направлениям использования на период до 2030 года. В качестве примера результатов Схемы в настоящей статье рассмотрены материалы, полученные по Могилевской области.

Обобщенную характеристику торфяного фонда Могилевской области представим в первую очередь данными по изученности запасов. По доле запасов, подтвержденных детальной разведкой, Могилевская область находится в лидерах среди всех областей – более 50 % (рис. 1). Велика также доля предварительно разведанных запасов и в меньшей степени определены запасы в результате поисково-разведочных работ. Детально разведанные запасы в большей степени находятся в Белыничском, Бобруйском и Костюковичском районах, в меньшей степени – торфяные ресурсы Чаусского и Чериковского районов.

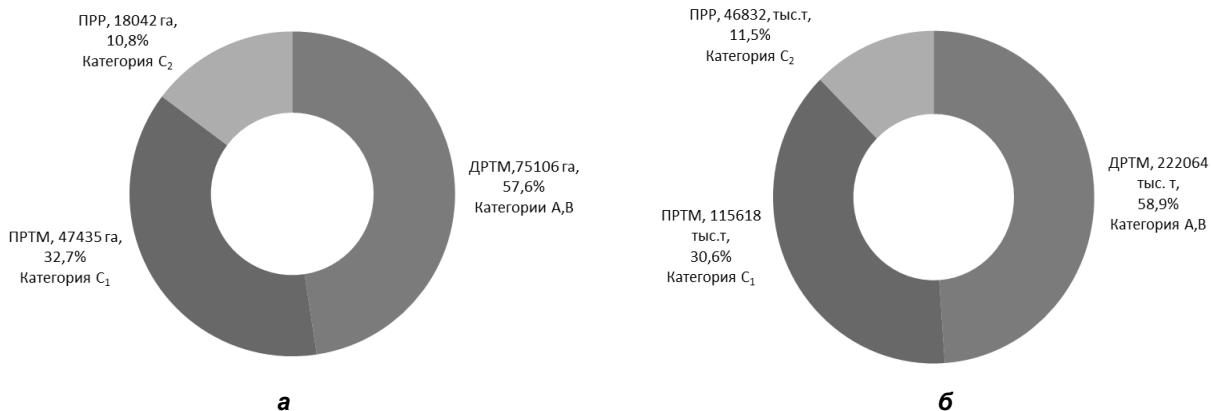


Рис. 1. Степень изученности (разведанности) торфяных месторождений Могилевской области по площади (а) и по запасам (б)

Общая структура торфяного фонда по направлениям использования площадей представлена следующим образом: фонд особо ценных видов торфа составляет 1,9 %, разрабатываемый – 1,6 %, земельный – 72,9 %, природоохранный – 25,4 %.

Современное состояние и использование торфяных ресурсов области характеризуется следующими данными. Всего в области осушено 85 129 га торфяных месторождений, что составляет 40,1 %.

В настоящее время в естественном состоянии находится 130 706 га – 61,6% от всего торфяного фонда. Таких месторождений много в Белыничском, Кличевском, Быховском и Глусском районах, они находятся в составе особо охраняемых природных объектов и в ведении лесохозяйственных учреждений.

В сельском хозяйстве в настоящее время используется 75 419 га торфяных земель в большей степени под луговые и частично (14,3 %) под пашню. Высокая доля использования торфяных месторождений как сельхозугодий в Глусском (10 631 га), Бобруйском (10 970 га), Быховском (6834 га), Кличевском (5354 га) и Осиповичском (6144 га) районах. Под лесом находится 78 707 га торфяных месторождений, что составляет 37,1 % торфяного фонда.

В составе природоохранного фонда насчитывается 53,9 тыс. га торфяных месторождений – 25,4 % от всего фонда.

Значительными площадями таких земель отличаются Белыничский, Осиповичский, Кличевский районы, в которых расположены заказники «Паньковский», «Приборский», «Острова Дулебы» и др.

В области всего выработанных торфяных месторождений 33,4 тыс. га, что составляло 87 % от имеющегося первоначально разрабатываемого фонда (по состоянию на 1 января 1988 г.). Часть выработанных торфяных месторождений передано в сельскохозяйственное использование, часть затоплена и находится под водохранилищами (0,2 %).

Негативной спецификой современного состояния торфяного фонда Могилевской области является масштабное загрязнение площадей торфяных месторождений радиоактивными элементами. Всего в области загрязнено радионуклидами 33 291 га торфяных месторождений, из них уровнем 5–15 КИ/км² – 22 140 га с запасами торфа 2 7838 тыс. т, уровнем 15–40 КИ/км² – 10 804 га с запасами 9803 тыс. т и уровнем бо-

лее 40 КИ/км² – 1348 га с запасами 1862 тыс. т. Запасы торфа в 39 503 тыс. т на длительное время выведены из сферы практического использования. Часть загрязненных месторождений области включены в состав природоохранного фонда, в связи с чем его площадь увеличилась до 53 897 га.

Условия загрязнения радионуклидами наложили ограничения и на расширение разрабатываемого фонда, так как объемы добычи торфа действующими предприятиями оказываются невостребованными.

Ориентируясь на индивидуальные подходы к практической оценке возможностей отдельных направлений использования торфяных ресурсов, ниже приведен статистический анализ образованных в схеме торфяных фондов области.

Разрабатываемый фонд, суммарные запасы – 6938 тыс. т, площадь – 3300 га. С учетом избирательных подходов к пригодности торфяного сырья для конкретной продукции технологий глубокой переработки целесообразно провести анализ раздельно по типам залежей: низинный (запасы 4558 тыс. т, площадь – 2100 га) и верховой (запасы – 2380 тыс. т, площадь – 1200 га).

Для низинного торфа на гистограмме (рис. 2, а) выделяется максимум по запасам (2300 тыс. т) и по площади (рис. 2, б) (800–1000 га), что свидетельствует о наличии достаточных резервов для производства топливной продукции для действующих в настоящее время двух предприятий. Это подтверждается также анализом этой части разрабатываемого фонда по общетехническим характеристикам: все наличествующие интервалы степени разложения (рис. 2, в), укладываются в рамки требуемых для топлива по техническим условиям, а имеющиеся запасы со степенью разложения 50–55 % следуют сохранить как уникальные для других целей. Распределение запасов по зольности (рис. 2, г) также находится в рамках пригодности для топлива, причем максимум запасов приходится на интервал зольности 10–13 %, что обеспечивает хорошее качество топлива. Помимо этого в составе анализируемой части разрабатываемого фонда имеются торфяные месторождения низинного типа с небольшими запасами и площадями, например торфяные месторождения Вороновское, Бель, Сметанка, которые пригодны и могут быть использованы для производства коммунально-бытового топлива, гуматодержащих биологически активных препаратов, кормовых добавок, разнообразных удобрений и грунтов.

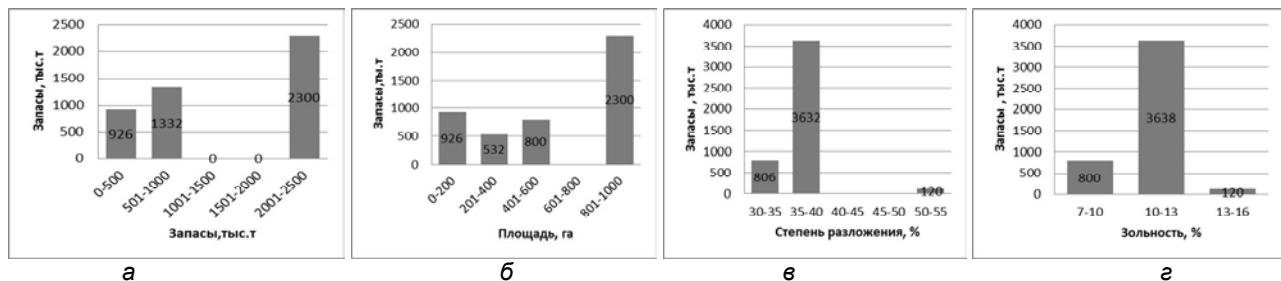


Рис. 2. Гистограммы распределения запасов торфа разрабатываемого фонда (низинный тип) Могилевской области по интервалам запасов (а), площади (б), степени разложения (в) и зольности (г)

Для верхового торфа разрабатываемого фонда на гистограмме (рис. 3, а) выделяются три интервала запасов, сосредоточенных на торфяных месторождениях Корытнянщина, Ясень, Гончанско, Хачинка, которых вполне достаточно для организации новых производств по технологиям комплексной глубокой переработке торфа, причем масштабных. Эти запасы торфяного сырья локально сосредоточены по площади (рис. 3, б), что свидетельствует о хороших логистических условиях размещения. Анализ распределения запасов верхового торфа по общетехническим характеристикам свидетельствует: сырья низкой

степени разложения в данном регионе нет (рис. 3 в), все запасы относятся к категории высокой степени разложения, которые пригодны для производства сорбентов газопоглощающих, красителей, наполнителей пластмасс, гуминовых препаратов. В отношении зольности (рис. 3, г) имеется широкий выбор по значениям этого показателя: запасы низкозольного сырья (5–7 %) составляют 37,4 % от всех запасов верхового торфа, что обеспечивает возможность очень избирательного выбора сырья для обеспечения производимой продукции высокого качества.

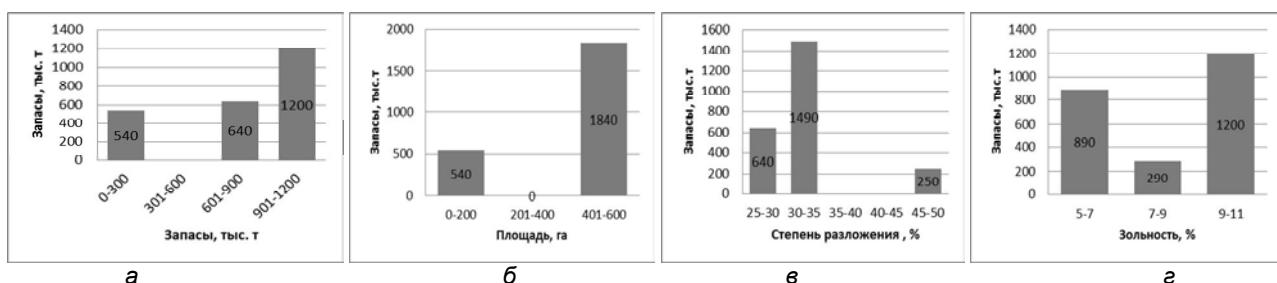


Рис. 3. Гистограммы распределения запасов торфа разрабатываемого фонда (верховой тип) Могилевской области по интервалам запасов (а), площади (б), степени разложения (в) и зольности (г)

Считаем важным отметить, что Могилевская область особенно богата на запасы битуминозного сырья, пригодного для производства торфяного воска, на базе которого было разработано и опробовано большое количество продукции глубокой переработки торфа, в том числе востребованных антиадгезионных и литейных составов и некоторых лекарственных средств, что обеспечивает этому сырью хорошие перспективы.

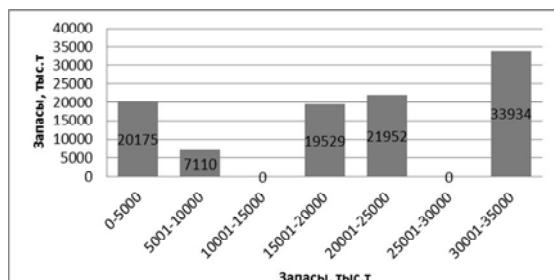
Статистический анализ природоохранного фонда следует произвести из других позиций. В первую очередь отметим, что вся площадь природоохранного фонда области в Схеме поделена на две части: территории, на которых установлен правовой режим охраны, – 23 017 га и территории, на которых планируется установление такого режима, – 30 880 га. Во-вторых, интерес представляет распределение этих территорий по оценочному масштабному уровню. К территориям международного значения относятся

площадь 7620 га, и к территориям национальной сети особо охраняемых природных территорий – 34 340 га, причем последние разделяются на республиканский уровень – 7120 га (заказники Заозерье и Острова Дулебы) и уровень местного значения – 27 210 га. Представленные на гистограмме (рис. 4) данные свидетельствуют, что в природоохранном фонде находятся достаточно крупные по запасам и площадям торфяные месторождения, которые объединены максимами по интервалу площади 9001–12 000 га; и интервалу запасов 30 001–35 000 тыс. т: торфяные месторождения Острова Дулебы, Заозерье, Сутино, болото бассейна р. Доколька, пойма р. Днепр, Неропля и др. В этот фонд входят также и небольшие по запасам и площади торфяные месторождения: Королевщине, Дубровское, Поломщина, Круглянский Мх и др. Наибольшее количество объектов, подлежащих охране, приходится на Кличевский, Осиповичский и Глусский

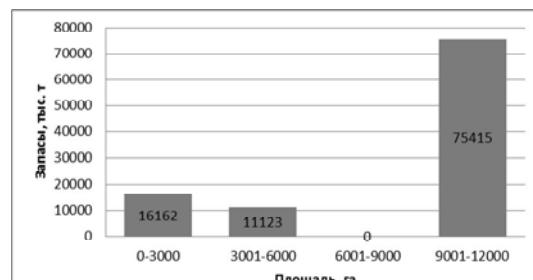
районы, а максимальные площади они занимают в Белыничском и Могилевском районах.

Следует отметить, что природоохранный фонд области получил существенное пополнение, прирост по территории составил 134 % существующего фонда. Это в значительной степе-

ни объясняет включение в этот фонд площадей загрязненных радионуклидами земель, а также необходимостью расширения в области природоохранной деятельности, отстававшей в прежние годы.



а



б

Рис. 4. Гистограммы распределения запасов торфа природоохрannого фонда Могилевской области по (а) величине запасов и по площади (б)

Земельный фонд, как уже отмечалось, подлежит серьезной инвентаризации и, во-первых, потому, что большая часть его пополнения появилась из неиспользуемого фонда, который в свое время был мало изучен, и, во-вторых, этот фонд подвержен в процессе эксплуатации значительным изменениям. Изучение оставшихся запасов торфа мы производили расчетным путем, но изменение границ этих образований в связи с обводнением и зарастанием кустарниками учесть без натурных исследований затруднительно.

Как свидетельствуют гистограммы распределения площадей и запасов этого фонда (рис. 5) максимумы запасов торфа располагаются по всему диапазону интервалов площадей. Общие запасы торфа составляют 50,3 % от запасов торфяного фонда и являются значительным резервом этого ресурса. Практический инте-

рес представляет распределение запасов земельного фонда по глубине торфа. Нами выполнена классификация земельного фонда области по интервалам глубины торфа: 0,5–1,0 м; 1,0–2,0 м; 2,0–3,0 м; 3,0–4,0 м – с привязкой к территории области (административным районам). Так как глубина торфа указана в кадастровом справочнике 1977 г, необходимо учесть произошедшие за истекшее время изменения слоя торфа. Мы исходили из данных, полученных по Минской и Полесской опытным станциям [1], согласно которым ежегодная усадка залежи при сельскохозяйственного использования составляет в среднем 2,4 см, а по последним данным – 0,7–2,0 см/год [2]. Нами выбран наихудший вариант – использовалось максимальное значение 2,0 см/год, в этом случае глубина слоя торфа за прошедшее время изменилась на 0,72 м.

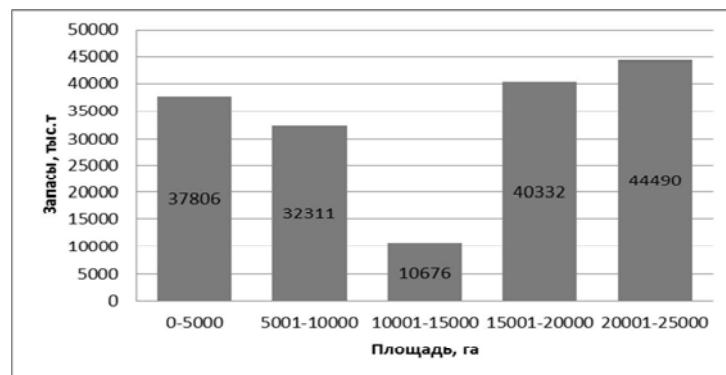


Рис. 5. Гистограмма распределения запасов земельного фонда Могилевской области по площади

Ввиду того, что земельный фонд входит и в сельскохозяйственные, и в лесохозяйственные земли, выделим первые согласно существующе-

му соотношению 3 : 1. Общая площадь сельскохозяйственных земель составила 115 950 га, а характер их распределения по глубинам пред-

ставлен на рис. 6. Если учесть усадку торфа за прошедшее время эксплуатации этих угодий, то первый столбец следует отнести к деградированным почвам, так как здесь практически не осталось торфа. В этом случае среднее значение доли деградированных почв по области составляет 9,2 %, но в ряде административных

районов она значительно больше: Краснопольском – 58,5 %, Кличевском – 32,8, Кировском – 20,4, Белыничском – 15,8 %. Сказанное свидетельствует о необходимости пересмотра в ряде районов позиций по эксплуатации имеющихся торфяно-болотных почв.

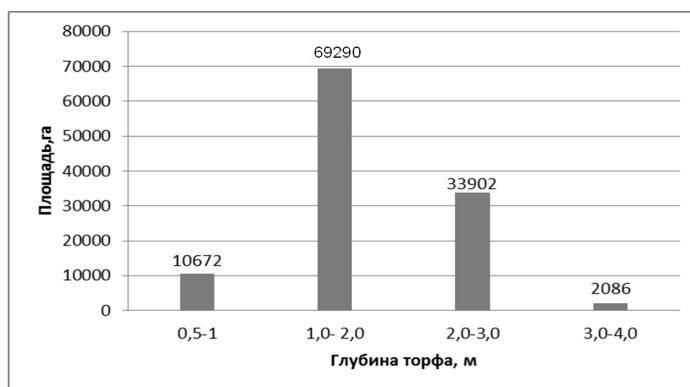


Рис. 6. Распределение площадей сельскохозяйственных почв земельного фонда Могилевской области по глубине торфа

Таким образом, статистический анализ составов целевых фондов нового нормативного документа «Схема распределения торфяников по направлениям использования на период до 2030 года», выполненный по Могилевской обла-

сти, свидетельствует, что включенные в каждый из целевых фондов объекты достаточны (как по запасам сырья, так и по важнейшим характеристикам) для выполнения задач, стоящих в настоящее время перед промышленностью.

Л и т е р а т у р а

1. **Бамбалов, Н. Н.** Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения / Н. Н. Бамбалов. – Минск, 1984.
2. **Бамбалов, Н. Н.** Роль болот в биосфере / Н. Н. Бамбалов, В. А. Ракович. – Минск, 2005.
3. **Оценка** экономической эффективности комплексного освоения торфяных ресурсов / А. П. Гаврильчик [и др.] // Новости науки и технологии. – 2011. – № 2. – С. 28–33.
4. **Государственная** программа развития охраняемых природных территорий : Указ Президента Респ. Беларусь от 6 марта 2008 г. № 146.
5. **Государственная** программа «Торф» на 2008–2010 годы и на период до 2020 года. – Минск, 2008.
6. **Концепция** энергетической безопасности Республики Беларусь от 17 сентября 2007 г. № 433.
7. **Национальная** стратегия развития и управления системой природоохранных территорий до 1 января 2015 года : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 29 декабря 2007 г. № 1920.
8. **Об установлении** ограничений на пользование недрами на отдельных участках : указ Президента Респ. Беларусь от 12 ноября 2007 г. № 563.
9. **Об утверждении** плана мероприятий по использованию в республике местных топливно-энергетических ресурсов : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 26 декабря 2006 г. № 1726.
10. **Протокол** заседания Президиума Совета Министров Республики Беларусь о ходе выполнения Государственной программы «Торф» на 2008–2010 годы и на период до 2020 года от 21 апреля 2009 г. № 13.
11. **Смирнова, В. В.** Закономерности формирования, ресурсы и качество торфяного сырья Беларуси для получения лечебных грязей : автореф. дис. ... канд. тех. наук / В. В. Смирнова. – Минск, 1993.
12. **Торфяной** фонд Республики Беларусь и проблемы его рационального использования / А. П. Гаврильчик и [др.] // Природопользование. 2011. Вып. 19. – Минск, 2019. – С. 75–81.
13. **Схема** распределения торфяников по направлениям использования на период до 2030 года : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 30 декабря 2015 г. № 1111.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 28.04.2016 г.

**Л. С. Лис, В. Б. Кунцевич, С. Т. Мультан, Т. И. Макаренко,
Т. Я. Кашинская, Л. П. Калилец, И. В. Агейчик**

**СХЕМА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
И ОХРАНЫ БОЛОТ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПЕРИОД ДО 2030 ГОДА**

Приведены результаты статистического анализа нового состава целевых фондов нормативного документа «Схема рационального использования торфяных месторождений и охраны торфяных болот Могилевской области на период до 2030 года» на предмет достаточности запасов сырья и пригодности основных характеристик для реализации поставленных торфяной промышленности задач по современному использованию торфяных ресурсов на ближайшую перспективу. Показано, что разрабатываемый фонд обеспечен пригодным сырьем для востребованных объемов производств топливной продукции и нетрадиционных товаров новых производств глубокой переработки торфа. Природоохранный фонд по выделенной площади обеспечит достаточный уровень экологической безопасности природных комплексов, а земельный фонд имеет достаточные резервы по увеличению производства сельскохозяйственной продукции при соблюдении научно обоснованных режимов его эксплуатации.

**L. S. Lis, V. B. Kuntsevich, S. T. Multan, T. I. Makarenko,
T. Y. Kashinskaya, L. P. Kalilets, I. V. Ageichik**

**THE SCHEME OF RATIONAL USE OF PEAT DEPOSITS AND PROTECTION
OF MARSHES OF MOGILEV REGION FOR THE PERIOD TILL 2030**

Results of statistics analysis of new content of trust funds of normative document "The Scheme of rational use of peat deposits and protection of peat marshes of Mogilev region for the period till 2030" for raw materials reserves adequacy and suitability of the main characteristics for the realization of the peat industry targets for modern use of peat resources in the short term are given. It is shown that the developed fund is provided with a suitable raw material for the production of fuel demanded volumes of production and non-production goods new deep processing of peat. The environmental fund for dedicated areas provide a sufficient level of environmental safety of natural systems, and the land fund has sufficient reserves to increase agricultural production in compliance with science-based mode of its operation.

УДК 662.331:878

Л. С. Лис, В. Б. Кунцевич, Т. И. Макаренко, С. Т. Мультан, И. В. Агейчик

ЭТАПЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ ТОРФЯНОГО ФОНДА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Установлено, что натурные исследования торфяных месторождений в больших масштабах проводились в 1940–1950-х. К 1953 г. разведками различных категорий было охвачено 77,1 % предполагаемого торфяного фонда республики, причем предпочтение отдавалось разведке крупных месторождений. Так, доля торфяных месторождений площадью от 1000 до 5000 га и более составляло 66,1 % от площади всех разведенных месторождений, в том числе площадью свыше 5000 га – 36,1 %. В дальнейшем интенсивность геологоразведочных работ снижалась и в настоящее время они проводятся лишь для определения количественных и качественных показателей торфа на месторождениях (участках), зарезервированных ранее в качестве прирезок для конкретных предприятий.

Среди наиболее распространенных природных ресурсов торф всегда имел важное значение для народного хозяйства Республики Беларусь. Еще в конце 1940-х – начале 1950-х годов в нашей стране было создано большое количество торфяных предприятий, в том числе таких крупных, как «Осниторф», «Смолевичское», «Красное знамя», «Большевик» и других, которые обеспечивали топливом ряд теплоэлектростанций, промышленных предприятий и коммунально-бытовых учреждений. Уже в то время добыча торфа только на удобрение достигала значений около 10 млн т в год. Все возрастающая потребность в этом природном ресурсе для промышленности и сельского хозяйства выявила необходимость дальнейшего более широкого производства работ по разведке и учету торфяных месторождений. В соответствии с этим в течение 1949–1953 гг. специалистами Института «Ростторфразведка» были осуществлены торфоразведочные работы на значительной территории БССР. На основе обработки полученных материалов вышенназванным учреждением при участии Института торфа Академии наук Белорусской ССР был составлен справочник торфяного фонда республики по состоянию на 1 января 1953 г., в который включены детально, рекогносцировочно и маршрутно разведанные торфяные месторождения с площадью от 1 га и выше в границах промышленной глубины залежи ($\geq 0,5$ м) [4]. Количество разведенных месторождений составило 77,1 % от всего предполагаемого фонда.

Справочник состоит из двух основных разделов.

В первом разделе приведены общая оценка торфяного фонда, условия торфообразования, современное состояние использования торфяных запасов в промышленности и в сельском хозяйстве, перспективы развития торфодобычи.

Цифровому табличному материалу справочника предшествует обстоятельный очерк по геоморфологическим условиям образования

торфяных месторождений, рассмотрены их территориальная классификация и характеристики в разрезе административных областей. Приведены данные по изученности, количеству эксплуатируемых месторождений и запасам торфа разведенных объектов. Выполнен обзор технологий и средств механизации добычи торфа для различных направлений его использования.

Второй раздел справочника представляет собой табличный материал, включающий названия торфяных месторождений, их расположение, площадь, глубину залежи, запасы торфа-сырца в кубических метрах, тип, степень разложения, зольность, другие показатели (в основном пнистость), современное использование, водоприемники и данные по разведке. В конце помещены списки торфяных месторождений в алфавитном порядке по всем областям республики (на то время – 12).

В последующие годы наряду с доразведкой торфяных месторождений шла интенсивная добыча торфа, которая в середине 1970-х годов достигла 35–40 млн т в год при условной 40 %-ной влаге [3]. Поэтому встал вопрос о разработке нового скорректированного справочника, который учитывал бы материалы разведок за период с 1953 по 1977 г., а также данные о выработанных площадях и запасах торфа по состоянию на 1 января 1978 г. Такой справочник, уже с названием «Кадастровый», был составлен Управлением Государственного торфяного фонда при Госплане БССР во исполнение постановления Совета Министров БССР от 6 мая 1977 г. и предназначен для улучшения использования торфа и торфяных месторождений в народном хозяйстве республики [2].

Кадастровый справочник составлен на основании имеющихся к тому времени материалов по торфу и торфяным месторождениям, предложений и замечаний заинтересованных организаций, справочника торфяного фонда Белорусской

ССР (1953 г.) и методических указаний союзного треста Геолторфразведка для введения сопоставимости данных по всей территории СССР. Ко времени составления кадастрового справочника в качестве приоритета в экономике государства преобладало использование торфяных ресурсов в интересах сельского хозяйства и охраны окружающей среды и был взят курс на сведение топливного накопителя торфа к концу 1980-х годов на минимум. В то время республика была обеспечена дешевыми энергоресурсами, поэтому такая стратегия была оправдана.

Важнейшим нововведением по сравнению с предыдущим справочником является принятное исчисление запасов торфа в тоннах при условной 40 %-ной влаге, введение показателя оставшихся запасов торфа. Приведены данные о площади торфяных месторождений в нулевых границах, значительно расширен материал о современном состоянии по каждому торфяному месторождению. Справочник издан шестью отдельными томами по современному административному делению.

В результате интенсивной добычи торфа в 1970–80-х годах запасы его значительно уменьшились. Сложившаяся ситуация потребовала выработки научно обоснованного подхода в комплексном освоении оставшихся торфяных ресурсов. Широкий спектр направлений их использования необходимо было систематизировать и подчинить единой тактике освоения, учитывая сложившиеся приоритеты в экономическом развитии государства. Неотлагательными были и требования по охране окружающей среды. В соответствии с этой концепцией Совет Министров БССР распоряжением от 15 июня 1987 г. № 411 обязал Институт торфа Академии наук БССР и ряд проектных организаций разработать «Схему рационального использования и охраны торфяных ресурсов БССР на период до 2010 года» (далее – Схема) [6].

Этот документ и по названию и по содержанию отличался от предыдущих справочников прежде всего тем, что ориентировал многие министерства и ведомства, причастные к использованию торфяных ресурсов, на единую стратегию, учитывающую новые приоритеты в экономике и жизни страны. Сложившаяся к этому времени ситуация требовала выработки научно обоснованных подходов в комплексном использовании оставшихся торфяных ресурсов в народном хозяйстве. В результате его разработки было произведено уточнение данных по торфяным месторождениям республики по состоянию на 1 января 1988 г., а также на основании обоснованных критериев пригодности они были сгруппированы в целевые фонды: природоохраный, земельный, разрабатываемый, запасной и неиспользуемый. В неиспользуемый фонд были отнесены нерас-

пределенные торфяные месторождения, не представляющие интереса для освоения на тот период, хотя по запасам они содержали 33,6 % всего фонда. Этот фонд в этом же документе явился резервом для формирования перспективных фондов для обозначенных целевых. Разработанный документ, утвержденный Советом Министров Республики Беларусь 25 ноября 1991 г., относится к нормативному виду, и предписывал министерствам, ведомствам и облисполкомам учитывать в хозяйственной деятельности рекомендации положений Схемы. В этом же документе были представлены прогнозные планы добычи объемов торфа и сапропелей, намечен целый ряд мероприятий организационного, инженерного и научного характера по рациональному использованию и охране торфяных ресурсов Республики Беларусь на период до 2010 г.

В связи с окончанием срока действия указанной Схемы в 2015 г. ГНУ «Институтом природопользования НАН Беларусь» совместно с ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларусь по биоресурсам» разработана новая «Схема распределения торфяников по направлениям использования на период до 2030 года» (далее – новая Схема) [5], согласованная со всеми областными комитетами и 30 декабря 2015 г. утвержденная протоколом № 1111 Совета Министров Республики Беларусь.

В отличие от прежнего документа в новой Схеме внесены некоторые структурные изменения: исключен неиспользуемый фонд, а природоохранный приведен в отдельной таблице, что подчеркивает его значимость (см. таблицу). Неиспользуемый фонд перераспределен в другие целевые фонды, преимущественно в земельный.

При разработке новой Схемы натурные исследования не проводились. Данные о современном состоянии торфяных месторождений, их площади, оставшихся запасах торфа по состоянию на 1 января 2013 г. получены на основании информации по документальным, картографическим, проектным, справочным материалам, а также в процессе консультаций со специалистами соответствующих районных служб. В некоторых случаях при отсутствии данных об объемах добычи торфа в предыдущие годы определение оставшихся запасов торфа осуществлено по специальной методике, позволяющей рассчитать убыль торфа как непосредственно в результате его добычи, так и в результате потерь его органической части при использовании месторождения в сельском хозяйстве [1].

Как свидетельствует статистика, в последнее время потребление топливной продукции существенно снижается, что требует пересмотра стратегии использования этого природного ресурса. Не отрицая необходимость обеспечения республики местными видами топлива приоритет

Динамика торфяного фонда Республики Беларусь в разрезе административных областей

Область	По состоянию на 1 января 1953 г.			По состоянию на 1 января 1978 г.			По состоянию на 1 января 1988 г.			По состоянию на 1 января 2013 г.		
	Количе- ство ме- сторож- дений, шт.	Площадь, тыс. га	Запасы, тыс. т	Количе- ство ме- сторож- дений, шт.	Площадь, тыс. га	Запасы, тыс. т	Количе- ство ме- сторож- дений, шт.	Площадь, тыс. га	Запасы, тыс. т	Количе- ство ме- сторожде- ний, шт.	Площадь, тыс. га	Запасы, тыс. т
Брестская	387	366,8	1 122 487	459	416,4	1 056 823	515	365,5	635 393	483	289,6	574 576
Витебская	1523	243,9	1 154 311	1807	276,8	1 086 786	3420	316,4	1 163 352	3439	449,1	1 100 170
Гомельская	1229	286,8	925 020	1459	325,6	871 017	1506	383,7	832 583	1467	311,9	706 376
Гродненская	340	92,9	333 885	403	105,5	314 393	426	128,1	293 798	426	115,4	235 835
Минская	1076	353,3	1 284 446	1277	401,0	1 209 460	1402	440,0	1 115 492	1341	353,1	1 115 198
Могилевская	1390	123,8	408 800	1650	140,5	384 585	1735	163,7	357 198	1728	157,7	284 090
<i>Итого:</i>	<i>5945</i>	<i>1467,5</i>	<i>5 228 949</i>	<i>7055</i>	<i>1665,8</i>	<i>4 923 064</i>	<i>9004</i>	<i>1797,4</i>	<i>4 397 816</i>	<i>8884</i>	<i>1676,8</i>	<i>4 016 245</i>

все больше склоняется в сторону комплексной глубокой переработки торфа и создания на его основе новых продуктов, дающих большой экономический эффект. В первую очередь это активированные угли, гранулированные органо-минеральные удобрения, сорбенты различного назначения; гуминовые препараты. В новой Схеме такая тенденция учтена, и в разрабатывающий фонд включены торфяные месторождения с соответствующей качественной характеристикой залежи и общими геологическими запасами торфа – 302,3 млн т при условной 40 %-ной влаге, что составляет 7,6 % от всего фонда.

В таблице, по материалам вышеуказанных нормативных документов, приведены данные о торфяном фонде Республики Беларусь за период с 1953 по 2013 г., в который включены месторождения площадью 1 га и более в границах промышленной глубины залежи. Так как в новой Схеме рассмотрены месторождения площадью 10 га и более в нулевых границах, в таблице учтено это обстоятельство и выполнена корректировка приведенных показателей. Также в таблице учтены изменения в административном делении областей, внесенные в справочник «Торфяной фонд Белорусской ССР» в 1964 г.

Анализ таблицы показывает: несмотря на то, что постоянно идет доразведка месторождений, и торфяной фонд Республики Беларусь пополняется все новыми массивами, запасы торфа неуклонно снижаются. Особенно в этом плане характерен период с начала 1960-х до середины 1980-х годов. Объясняется это следующим образом.

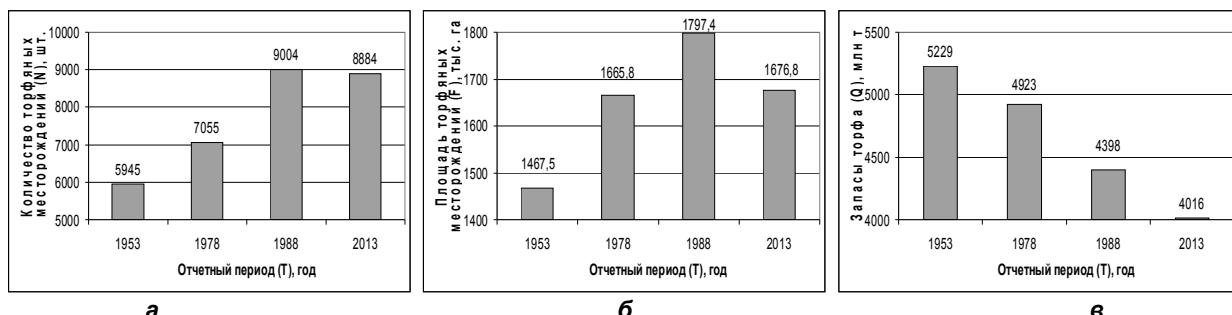
На момент составления справочника в 1953 г. доля торфяных месторождений площадью от 1000 до 5000 га и более составляла 66,1 % от площади всех разведанных месторождений, в том числе площадью свыше 5000 га – 36,1 % [4]. В то время в Белорусской ССР торф являлся основным видом энергоресурсов, поэтому индустриальное развитие республики было тесно связано с проблемой максимального использования торфяных запасов. Учитывая это обстоятельство, приоритет отдавался разведке

крупных месторождений, позволяющих наиболее эффективно применить фрезерный способ добычи торфа, который уже занял лидирующее положение среди других способов. Именно потребность добычи торфа в больших объемах для удовлетворения нужд промышленных и коммунально-бытовых предприятий способствовало тому, что к середине 1950-х годов большинство крупных торфяных месторождений уже было изучено разведками различных категорий. В последующие годы процесс натурных исследований продолжался. Так, за период с 1953 по 1988 г. было разведано и включено в торфяной фонд республики 3059 месторождений с общей площадью 329,9 тыс. га в границах промышленной глубины залежи. Однако это были преимущественно некрупные месторождения, площадью в нулевых границах не более 500 га. Добычей торфа в то время помимо предприятий топливной промышленности активно занимались и другие министерства и ведомства, в том числе Министерство местной промышленности БССР, Белсельхозхимия. В этом случае не требовалось крупные месторождения с большими запасами торфа, поэтому разведка и увеличение торфяного фонда за счет сравнительно небольших массивов была оправдана.

В дальнейшем геологоразведочные работы проводились в незначительных объемах на месторождениях (участках), служащих в качестве прирезок для конкретных предприятий.

Таким образом, в динамике торфяного фонда в рассматриваемом временном интервале имеются три периода, подтвержденные данными официального характера.

Первый период (1953–1977 гг.) характеризуется доразведкой торфяных месторождений (см. рисунок, а), увеличением их суммарной площади (см. рисунок, б) и нарастающей интенсивностью объемов добычи торфа (с 10 млн т в 1953 г. до 39 млн т в 1977 г) [3]. Запасы торфа в этот период уменьшались (см. рисунок, в) и среднее значение их снижения составило 12,7 млн т год. Можно полагать, что это уменьшение происходило в основном за счет добычи.



Динамика торфяного фонда Республики Беларусь за период с 1953 по 2013 г. %:
а – по количеству торфяных месторождений; б – по площади в границах промышленной глубины залежи;
в – по геологическим запасам торфа при условной влаге

Второй период (1978–1987 гг.) характерен продолжением интенсивных геологоразведочных работ: торфяной фонд пополнился 1949 месторождениями и площадью в размере 131,6 тыс. га. Запасы торфа в этот период снижались бурными темпами, и скорость их снижения в 4,1 выше, чем в первый период. Это объясняется достаточными объемами добычи торфа, но в большей мере его потерями в результате осушения и использования месторождений в сельском хозяйстве.

Третий период (1988–2013 гг.) характеризуется незначительными объемами геологоразведочных работ, в результате чего количество деградированных месторождений превысило количество вновь разведанных и, как следствие, общее число торфяных месторождений уменьшилось. Темпы снижения запасов торфа по отношению к предыдущему периоду заметно ниже,

что объясняется незначительными объемами добычи торфа, особенно после 2000 г.

Следует отметить, что в результате анализа вышеперечисленных справочных материалов некоторые приведенные данные вызывают сомнения и логически необъяснимы. Так, например, в кадастровом справочнике 1979 г. оставшиеся геологические запасы в Брестской области составляли 1 056 823 тыс. т, а в «Схеме рационального использования торфяных месторождений и охраны болот Республики Беларусь» 1990 г. – 635 393 тыс. т, т. е. за 10 лет они уменьшились на 421 430 тыс. т. Доля оставшихся пяти областей в общей убыли торфа за этот период составляет всего лишь 103 818 тыс. т.

Имеется целый ряд других вопросов, которые можно уточнить только путем натурных исследований всего торфяного фонда Республики Беларусь.

Л и т е р а т у р а

1. Бамбалов, Н. Н. Роль болот в биосфере / Н. Н. Бамбалов, В. А. Ракович. – Минск, 2005.
2. Кадастровый справочник «Торфяной фонд Белорусской ССР» / Управление государственного торфяного фонда при Госплане БССР. – Минск, 1979.
3. Радзевич, Л. Ф. Торфяной фонд Белорусской ССР и основные направления его охраны и рационального использования / Л. Ф. Радзевич. – Минск, 1991.
4. Справочник «Торфяной фонд Белорусской ССР». – Минск, 1953. – С. 805.
5. Схемы распределения торфяников по направлениям использования на период до 2030 года : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 30 декабря 2015 г. № 1111.
6. Схема рационального использования и охраны торфяных ресурсов БССР на период до 2010 г. : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 25 ноября 1991 г. № 440.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 07.04.2016 г.

**Л. С. Лис, В. Б. Кунцевич, Т. И. Макаренко,
С. Т. Мультан, И. В. Агейчик**

ЭТАПЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ ТОРФЯНОГО ФОНДА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Статья посвящена анализу торфяного фонда Республики Беларусь за период с 1953 по 2013 г. Выяснено: несмотря на то, что постоянно осуществлялось пополнение торфяного фонда республики запасы его неуклонно снижались в связи с тем, что объемы добычи торфа превышали его запасы на вновь разведанных месторождениях. Однако интенсивность их снижения по годам в рассматриваемом временном интервале различная, что подтверждено данными официального характера. Проанализированы основные факторы, влияющие на динамику торфяного фонда. Установлено, что уменьшение запасов торфа происходит как в результате его добычи, так и использования торфяных месторождений в сельском хозяйстве.

Выявлена тесная взаимосвязь направлений использования торфа и потребностями народного хозяйства республики в данном природном ресурсе в определенный период времени.

Приведены хронология разработки справочных материалов по торфяному фонду Республики Беларусь и их основные положения.

*L. S. Lis, V. B. Kyntsevich, T. I. Makarenko,
S. T. Myltan, I. V. Ageichik*

STAGES OF STUDY AND EVALUATION OF PEAT FUND OF THE REPUBLIC OF BELARUS

The article is devoted to an analysis of peat fund of the Republic of Belarus for the period from 1953 to 2013. It is shown that despite the fact that a completion of peat reserves fund of the republic has been steadily declining continuously due to the fact that peat extraction volumes exceed its reserves to the newly explored deposits. However, an intensity of its decrease by years in considerate time interval is different, which is confirmed by the data of the official character. Main factors which influence to the peat funds dynamics are analyzed. It is established that the peat fund decrease takes its place as a result of its extraction as well as peat deposits use in agriculture.

A close relationship of directions of peat use and needs of the national economy of the republic in this natural resource in a given time period is identified.

A chronology of reference materials development in peat fund of the Republic of Belarus and their main provisions is given.

II. БИОСФЕРНОСОВМЕСТИМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 562.417.636

И. И. Лиштван, Ю. Г. Янuta, А. М. Абрамец, В. Н. Алейникова, Е. А. Якута

ГУМИНОВЫЕ ПРЕПАРАТЫ НА ОСНОВЕ КАУСТОБИОЛИТОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В МЕДИЦИНЕ И БАЛЬНЕОЛОГИИ

Дана оценка роли физико-химических свойств гуминовых кислот (ГК), а также их фракций, полученных с использованием новых технологий, сохраняющих нативные свойства, с позиций перспектив применения ГК в медицине, бальнеологии, как природных гуминовых соединений (ГС) – комплексообразователей ионов поливалентных металлов, а также пеллоидпрепаратов для бальнеологии. Основное внимание уделено гуминовым препаратам (ГП) на основе торфа. Представлены результаты исследований ГП, полученные авторами с учетом данных, медиков и бальнеологов в области их применения. Приведены результаты исследования свойств ГП, полученные авторами с использованием метода коллоидно-химической сепарации солей ГК. Экспериментально показано существенное различие свойств ГП, выделенных в щелочной и кислой средах, изменение их элементного состава, соотношения функциональных групп, липофильно-гидрофильных фрагментов в молекулярной структуре данных соединений. Изложены результаты сорбционной (ионообменной) активности полученных ГП.

Основным источником сырья для получения ГП являются каустобиолиты на различной стадии метаморфизма и залегающие в разных геологических условиях: торф, бурый уголь, сапропель и др. [4, 13]. Их недостатком является непостоянство физико-химических свойств ГК и, прежде всего, гидрофильно-липофильного баланса молекулярных фрагментов фракций ГК, т. е. от соотношения в них функциональных групп (гидрофильных образований) и липофильных (фобных) образований [5]. Именно наличие этих дифильных составляющих ГК в их структуре и предопределяет активное начало при использовании ГП в медицине и бальнеологии [5, 10, 13, 20, 23, 25].

С позиций химии, ГК – гетерополимеры супрамолекулярного строения, которые являются составной частью соединений природного происхождения: торфа, углей и других ископаемых и обладают достаточно разнообразной биологической активностью [3, 7, 13]. В последнее десятилетие сформировалась необходимость разработки на основе ГК таких препаратов, которые, сохраняя высокую терапевтическую активность нативных субстанций, освобождены от негативных сторон классической пеллоидтерапии [2, 14, 17, 22].

Так как ГК – составная часть объектов природного происхождения, одним из ведущих направлений развития исследований их является

изучение физико-химических аспектов как строения, так и активности с целью получения новых высокоэффективных ГП.

Согласно работам [6, 15], молекулярная структура гуминовых веществ (ГВ), если не вдаваться в сложные перипетии проблемы, представляется следующим образом. В основе молекулы лежит так называемое ароматическое ядро или ядерная часть, вокруг которой формируются периферические открытые цепи с нанизанными на них функциональными группами с самыми различными характеристиками, определяющими многообразные функции [4, 10, 29]. В качестве иллюстрации полифункциональных свойств ГВ или ГК приводим весьма удачную их характеристику, данную автором работы [12]: «Что же такое гуминовые кислоты? Фенолы, хиноны, кетоны, кислоты? В равной степени и то, и другое, и третье, и четвертое». Причем следует отметить, что перечень функциональных групп ГВ, являющихся действующим началом данных соединений, авторам можно было бы значительно расширить.

Из приведенных данных следует, что, будучи органическими энтеросорбентами (ЭС), ГВ в то же время представляют собой весьма эффективные биорегуляторы, являясь, по существу, источниками для организма целого ряда биологически активных веществ, представленных в указанном выше методическом документе в ка-

честве рекомендуемых компонентов биологически активных добавок (БАД), т. е. ГВ могут стать дополнительным или альтернативным источником целого спектра дефицитных в традиционном питании компонентов.

Одной из главных проблем на пути разработки теории и практики применения ГП является недостаточная изученность ГК (как компонентов пелоидов), которые обусловливают их терапевтическую эффективность [13, 18, 19, 28].

Авторами работы [13] теоретически и экспериментально показано, что ГК, экстрагированные из каустобиолитов водными растворами разной кислотности, представляют собой соединения дифильной природы, т. е. те, в которых за коллоидное состояние ГК в водной среде отвечают силы межмолекулярного взаимодействия на границе раздела фаз жидкость–твердое тело и жидкость–газ. Именно на принципах коллоидного равновесия ГК в растворе и была разработана технология коллоидно-химической сепарации (фракционирования) ГК как полимеров, имеющих разное коллоидно-химическое равновесие в воде при разном соотношении фрагментов в структуре ГК [14]. За сорбционные свойства молекул ГК отвечают функциональные группы полярных фрагментов [13, 14], а коллоидные – неполярные за сорбцию неполярных соединений. Экспериментально показано, что чем больше молекулярная масса ГК, либо ее солевой формы, тем выше ее комплексообразующая способность, т. е. активность к образованию органоминеральных комплексов с ионами поливалентных ионов в водных средах. Одновременно ГК, экстрагируемые из торфа водными растворами с разной реакцией ее среды, позволяют получить фракции ГК, имеющие различное соотношение молекулярных полярных и неполярных фрагментов [14, 29].

Физиотерапевтам давно известно, что лечебные грязи (ЛГ) различного типа отличаются по терапевтическим эффектам. Однако было установлено [13, 14], что ГК, выделенные из различного типа ЛГ, характеризуются практически одним и тем же набором функциональных групп органического вещества, а отличительным параметром является их отношение в количественном содержании [5]. Именно наличие функциональных групп и соотношение содержания фрагментов структуры обусловливают специфичность действия и различия в физиологической активности ГК разного происхождения [7, 9, 12, 13, 24].

Таким образом, ответственность за физиологическую активность ГК несут те физико-химические особенности структуры (например, способность к супрамолекулярным эффектам), которые определяют их ключевые свойства, позволяющие выделить в отдельный класс природных веществ. По данным работы [4], к таким

свойствам следует отнести наличие полисопряженных, поликоденированных структур, обладающих электронодонорными и электроноакцепторными свойствами [9, 13, 15].

Необходимо отметить, что, по современным представлениям, ГК являются гетерополимером супрамолекулярной структуры, состоящими из биотермодинамически устойчивых соединений, образующихся в процессе разложения и трансформации растительных и животных остатков [9, 12]. Базисные принципы классификационных признаков ГК, сформулированные в работах [12, 15], базируются на трех иерархических уровнях: элементном, фрагментном и молекулярном блоках химической структуры. Такой подход является уместным и для гуминовых препаратов водорастворимых (ГПВ) [10, 13, 16, 26].

Использование современных физико-химических методов исследований (спектроскопические, хроматографические) позволяет получить сравнимые характеристические данные с нативных образцов ГК, которые практически не подвергают очистке и фракционированию, что оставляет нерешенной проблему их очистки от содержащихся в них примесных органических и неорганических компонентов. Разногласия в данных о структурных особенностях ГК связаны с их большой разновидностью и, в значительной степени, со сложностью их фракционирования и несовершенством используемых методов очистки [12, 13]. В настоящее время рассматриваются новые возможные подходы и варианты хроматографической отчистки ГК и ГПВ с использованием различных сорбентов [10]. В работе с целью получения ГП с низкой полидисперсностью были исследованы возможности tandemного варианта хроматографирования с использованием перешитых полисахаридных гелей и обозначены преимущества данного подхода относительно малоэффективных методов дробного переосаждения и ионообменной хроматографии [21]. Несомненным преимуществом ТВХ является возможность универсального применения для очистки и фракционирования как ГК, так и ГПВ. Кроме прикладной составляющей использование ТВХ с последующим инструментальным анализом выделенных фракций позволяет получить сравнительные характеристики особенностей структуры ГК.

Натриевая соль ГК, получаемая из бурого угля, в опытах *in vivo* проявила наличие антисклеротического и противовирусного эффектов [4]. Раствор 0,05 %-ных ГК, выделенных из низкоминерализованных сульфидных иловых грязей на изотоническом растворе хлорида натрия, в 90 % случаев стимулирует рост задерживающихся в прорезывании постоянных зубов.

Препараты 0,5 %-ного раствора ГК увеличивают длительность ремиссии хронических воспалительных процессов органов малого таза,

проявляют противогрибковые свойства, стимулируют прорезывание постоянных зубов [4]. Наметившийся в последнее время интерес к ГК как основе для фармацевтической и косметической продукции объясняется наличием эстрогенного, противовоспалительного, профибринолитического, противоопухолевого, противовирусного эффектов, и уже выходит за рамки только бальнеотерапии [8, 19].

Предположение о том, что ГК являются поставщиками ионов водорода для ферментативных реакций аргументировано, хорошо коррелирует с содержанием ароматических фрагментов в ГК и количеством свободных радикалов, обусловленных наличием фрагментов семихинона [12]. Чем сильнее выражена система сопряжения в ГК, тем в большей степени проявляется их биологическая активность [15]. С этой точки зрения возможно объяснение противовоспалительного действия ГК и препаратов на их основе. Ионы семихинонов, образовавшиеся в результате комплекса с переносом заряда, способны к взаимодействию с перекисными соединениями, избыточное образование которых сопровождает воспалительный процесс, тем самым уменьшая их содержание [12]. Эти представления хорошо согласуются с другим фундаментальным свойством ГК – их электронным парамагнетизмом [14, 15].

Отмечено, что парамагнитная активность, под которой понимается концентрация свободных радикалов, в наибольшей степени может характеризовать общий уровень биохимической активности и биотермодинамической устойчивости ГК. Анализ большого числа ГК, выделенных из образцов торфа различных болот, географически расположенных на территории России, показал близость параметров спектров электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) ($g = 2,0035 \pm 0,0002$), а различия связаны только с содержанием азота [5, 7].

С учетом особенностей строения ГК как наиболее вероятный рассматривается неферментативный механизм их взаимодействия с субстратами, функциональными группами различных макромолекул, включая ферменты. При этом за счет прямого взаимодействия с метаболитами,участвующими в некоторых ферментопосредованных реакциях ГК, и очевидно конкурируют за субстрат, способствуя их параметabolической биотрансформации [12, 21].

Интересно, что влияние гумата натрия определяется не только его специфичностью, но и способом введения в организм [5]. Остается дискуссионным вопрос о наличии перечисленных эффектов для ГК в целом или присутствии некоторой специфической активности, присущей их определенному типу.

Однако в литературе описываются и отрицательные эффекты ГК. Так, ГК, возможно, яв-

ляются этиологическим фактором эндемического заболевания (black foot), выявленного на юго-западном побережье острова Тайвань [25]. В проводившемся исследовании была использована коммерчески доступная ГК, дополнительно очищенная, и было показано, что ГК вызывает прекращение роста и апоптоза в фибробластах, причиняя им серьезное окислительное повреждение и нарушая их рост [30].

Возможности и условия физиологической активности ГК как уникальной группы гетерополимеров природного происхождения еще предстоит уточнять и переоценивать, о чем свидетельствует недавний патент на изобретение, где показана способность ГК *in vitro* инактивировать вирус иммунодефицита человека [17].

В настоящее время исследования по разработке лекарственных препаратов на основе ГК ведутся в разных регионах России: Кемеровской, Омской, Тюменской, Томской и других областях [17, 19, 21, 22]. Сумма финансирования проектов подтверждает стратегическую перспективность исследований данной группы веществ природного происхождения. Все отмеченное ставит перед исследователями Республики обязательства быть в составе лидеров, решающих эту актуальную задачу, обеспечивающую здоровье нации [13].

Обнаруживаемые в нативных пелоидах антропогенные загрязнители могут быть отсепарированы только в процессе переработки сырья при выделении физиологически активных компонентов [1, 7]. Препараты ГК являются альтернативными для лиц с противопоказаниями к нативному грязелечению, а также создание оригинальных фармакотерапевтических препаратов с противовоспалительными, биостимулирующими и репаративными свойствами, средств для косметологии на основе ГК [5, 6, 11].

Достаточно перспективным подходом, позволяющим устранить дефицит качественных ЛГ для нужд бальнеотерапии является использование региональных ресурсов. В этом контексте экономически обоснованным и перспективным является разработка препаратов на основе ГК из местных источников, а также разработка альтернативных ГП.

Именно в данном контексте необходимо представить свойства фракций ГК торфа с позиций их гидрофильно-липофильной структуры, а также их некоторых свойств.

Согласно данным рентгенодифракционного анализа, по фазовому состоянию все образцы фракций ГК находятся в аморфном состоянии (рис. 1). Три интенсивных сигнала (рис. 1, кривая 1) в области двойного угла отражения (2θ) (27,3–27,5; 31,6–31,8; 45,3–45,6) можно отнести к остаточной примеси NaCl в образце, обусловленной спецификой выделения ГК. Однако в случае кислой формы ГК, очищенной диализом, наблюда-

ется тенденция к упорядочению структуры, что, очевидно, связано с отсутствием ионизации ГК и компактной локализацией протона. Как следствие, стерические затруднения для упорядочения ГК в Н-форме меньше, однако формирования кристаллизационных структур ГК не происходит. Рентгенофазовый анализ не выявил также в ГК их полисахаридного предшественника – целлюлозы, в какой бы то ни было модифицированной форме.

Для практического применения ГС немаловажным является количество неполярных фрагментов в образце. Результаты наших ис-

следований показали, что количество соединений, растворимых в хлороформе, в ГК снижается при переходе от фракции 1 к фракции 6 (рис. 2). Данный факт можно объяснить ростом их гидрофильности, а также содержанием ионогенных функциональных групп и полярных фрагментов. Наоборот, с ростом pH из гуминового сырья извлекаются ГК, обладающие более выраженным липофильными свойствами. При этом содержание Н во фракциях ГК коррелирует с их битуминозностью (коэффициент корреляции 0,94).

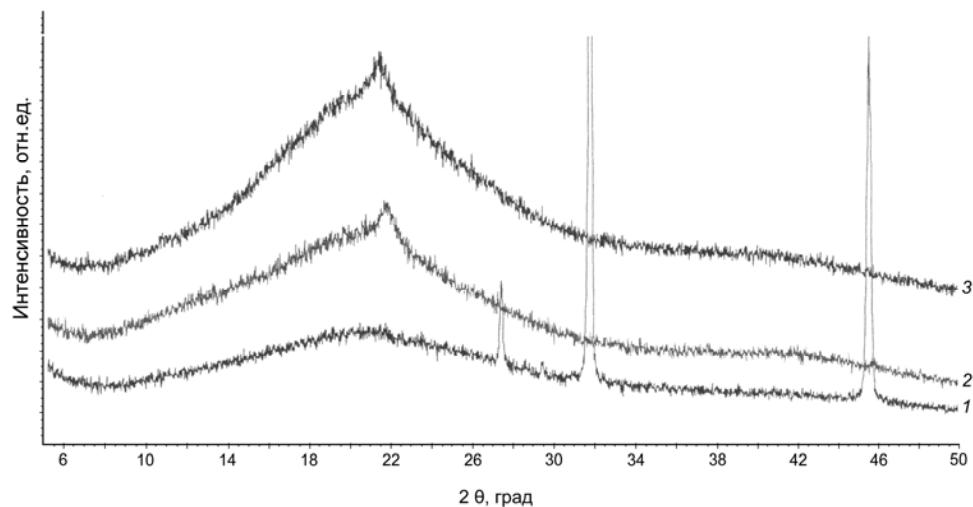


Рис. 1. Рентгенодифрактограммы ГК фракции 5 [27]: 1 – Н-ГК; 2 – ГК, очищенная диализом в дистиллированной воде; 3 – ГК, очищенная диализом в кислой среде (0,1 н. HCl)



Рис. 2. Удельное содержание фракций ГК и массовая доля содержания в них битумов

Исследованы спектры распределения кислотно-основных центров фракций ГК. Поскольку в структуре ГК содержатся функциональные группы в различной форме, то полученные пики позволяют определить характер (или состояние) функциональных групп. Данные свидетельствуют о преобладании функциональных групп, для которых рKa составляют 2,0–3,5 и 12,8–14,0, относящихся к карбоксильным и гидроксильным группам соответственно [15]. Процесс выделения ГК приводит к изменению состояния функциональных групп. При переходе от фракции 3 к фракции 5 функция кислотности ГК H_0 увеличивается от 8,8 до 12,9.

С использованием данных потенциометрического титрования рассчитан титрационный показатель (m), характеризующий электростатическое взаимодействие функциональных групп в ГК. Снижение его значения (см. таблицу) от фракции 1 к фракции 6 для карбоксильных групп может быть связано с уменьшением размера агрегатов ГК. Это снижение, вероятнее всего, происходит из-за уменьшения длины алифатических фрагментов ГК. Подтверждением этому служит тот факт, что рKa карбоксильных групп в составе ГК уменьшается.

Характеристики функциональных групп фракций ГК

Номер фракции	Функциональные группы	m	рKa
1	– OH	0,4094	8,59
	– COOH	2,2523	5,91
3	– OH	0,4351	8,59
	– COOH	2,1044	5,72
4	– OH	0,5891	9,26
	– COOH	1,4733	5,08
5	– OH	0,9301	9,70
	– COOH	1,3577	4,96
6	– OH	0,9234	8,32
	– COOH	0,6424	4,22

Таким образом, выполненный анализ результатов исследований, полученных разными авторами от применения ГП различного генезиса, свидетельствует о близости экспериментальных и клинических результатов. Объяснением этому может быть их действующее начало, общее у разных ГВ (структура ядра гуминовых фрагментов), что обуславливает общее их поведение в водных средах, организме, на границе кожных покровов млекопитающих. Однако эти гипотезы требуют более детального их рассмотрения и изучения.

Гуматы являются перспективными материалами для использования в фармакологии. Так, уже на современном этапе этот класс природных соединений демонстрирует результаты, недоступные традиционным химиотерапевтическим средствам в борьбе с рядом тяжелых заболеваний как кладезь ряда природных биологически

активных веществ, которые еще предстоит исследовать.

Показано, что для обоснования свойств ГП как энтеросорбентов, либо компонентов их в биологически активных добавках, наиболее перспективным направлением является изучение ионообменных свойств, т. е. свойств, ответственных за блокировку, и связывание токсикантов в организме. Что касается бальнеологии, т. е. использования ГП для решения данных задач, абсолютно необходимо исследовать процессы смачивания кожных покровов млекопитающих, а также пенетрации фрагментов ГВ через их мембранны в нижележащие ткани. При этом важно особое внимание уделить коллоидным свойствам растворов ГП.

Проведенные исследования показали возможность направленного регулирования свойств ГП путем изменения условий их выделения.

Л и т е р а т у р а

1. Аввакумова, Н. П. Биохимические аспекты терапевтической эффективности гумусовых кислот лечебных грязей / Н. П. Аввакумова. – Самара, 2002. – С. 124.
2. Агапов, А. К. Способ получения пелоидпрепаратов гуминового ряда / А. К. Агапов, Н. П. Аввакумова, Е. К. Баталова // Вопросы курортологии. – 1999. – № 2. – С. 33–35.
3. Современные медико-биологические проблемы использования минеральных и органических энтеросорбентов в качестве компонентов биологически активных добавок к пище / П. Д. Артеменко [и др.] // Тихоокеанский медицинский журнал. – Владивосток, 2009. – № 1. – С. 29–33.

4. **Беркович, А. М.** Применение гуминовых и гуминоподобных препаратов в ветеринарии и медицине [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.humipharm.ru/research/prim.pdf>. – Дата доступа : 31.07.2014.
5. **Взаимосвязь** фрагментного состава гуминовых кислот с их физиологической активностью / Б. Бямбагар [и др.] // Химия твердого топлива. – 2003. – № 1. – С. 83–90.
6. **Исматова, Р. Р.** Выделение из торфа гумата натрия пирофосфатом и токсико-фармакологическое обоснование его использования : автореф. дис. ... канд. фарм. наук / Р. Р. Исматова. – Пятигорск, 1999. – С. 20.
7. **Карбышев, А. В.** Химико-фармакологическое изучение гумата натрия из сапропеля : автореф. дис. ... канд. фарм. наук / А. В. Карбышев. – Томск, 1999. – С. 24.
8. **Перспективы** применения торфа и продуктов его переработки в животноводстве / Л. К. Касимова [и др.]. – Томск, 2006. – С. 92.
9. **Комиссаров И. Д.** Молекулярная структура и реакционная способность гуминовых кислот / И. Д. Комиссаров, Л. Ф. Логинов // Гуминовые вещества в биосфере. – М., 1993. – С. 36–45.
10. **Кузнецов, П. В.** Современные перспективы применения жидкостной колоночной хроматографии в химии гуминовых веществ / П. В. Кузнецов, Е. А. Гуров, А. С. Сухих // Вестник РАЕН ЗСО. – 2007. – Вып. 9. – С. 95–101.
11. **Применение** гумата натрия из торфа и сапропеля при лечении дерматита: результаты экспериментальных исследований / Б. В. Курзо [и др.] // Природопользование. – 2014. – Вып. 26. – Минск, 2014. – С. 166–172.
12. **Кухаренко, Т. А.** О молекулярной структуре гуминовых кислот / Т. А. Кухаренко // Гуминовые вещества в биосфере. – М., 1993. – С. 27–35.
13. **Гуминовые** кислоты торфа и препараты на их основе / И. И. Лиштван [и др.] // Природопользование. – 2004. – Вып. 10. – Минск, 2004. – С. 114–118.
14. **Спектральные** исследования фракций гуминовых кислот / И. И. Лиштван [и др.] // Химия твердого топлива. – 2006. – № 4. – С. 3–11.
15. **Трансформация** систем полисопряжения гуминовых кислот в процессе метаморфизма каустобиолитов / И. И. Лиштван [и др.] // Химия твердого топлива. – 2012. – № 3. – С. 14–19.
16. **Лукьянова И. А.** Перевариваемость питательных веществ кормов и физиологические показатели организма цыплят-бройлеров при использовании гумина HS-1500 : автореф. дис. ... канд. биолог. наук / И. А. Лукьянова. – М., 1996. – С. 16.
17. **Перминова, И. В.** Анализ, классификация и прогноз свойств гумусовых кислот : автореф. дис. ... д-ра хим. наук / И. В. Перминова. – М., 2000. – С. 34.
18. **Посохова А. В.** Экспериментальное медико-биологическое обоснование пищевого использования гумата натрия : автореф. дис. ... канд. мед. наук / А. В. Посохова. – Владивосток, 2004. – С. 25.
19. **Семёнова, М. А.** Химико-фармацевтическое и организационно-экономическое обоснование применения гуминовых кислот пелоидов : автореф. дис. ... канд. фарм. наук / М. А. Семёнова. – Самара, 2006. – С. 22.
20. **Возможные** механизмы бальнеологического действия гуминовых веществ / Д. И. Стом [и др.] // Сибирский мед. журн. – 2008. – № 6. – С. 76–79.
21. **Сухих, А. С.** Эпоксимодифицированные полисахаридные гели в химии гуминовых, гуминоподобных веществ и препаратов на их основе : автореф. дис. ... канд. фарм. наук / А. С. Сухих. – Тюмень, 2007. – С. 21.
22. **Федько, И. В.** Химико-фармакологическое исследование специфических органических веществ торфа : автореф. дис. ... канд. фарм. наук / И. В. Федько. – Томск, 2006. – С. 19.
23. **Юбицкая, Н. С.** Гумат натрия в лечении больных остеоартрозом / Н. С. Юбицкая, Е. М. Иванов // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. – 1999. – № 5. – С. 22–24.
24. **Christian E. W. Steinberg.** Ecology of Humic Substances in Freshwaters / E. W. Christian // Springer. – 2003. – Р. 332.
25. **Coates, J.** Diversity and ubiquity of bacteria capable of utilization humic substances as electron donors for anaerobic respiration / J. Coates, K. Cole, R. Chakraborty // Applied and environmental microbiology. – 2002. – N 5. – P. 2445–2452.
26. **Frimmel, F. H.** Development in aquatic humic chemistry / F. H. Frimmel // Agronomie. – 2000. – Vol. 20. – P. 451–463.
27. **Kucukersanl, S.** The effects of humic acid on egg production and egg traits of laying hen. / шS. Kucukersanl [et al.] // Vet Med. Czech. – 2005. – T. 50, № 9. – P. 406–410.
28. **Pihlaja, K.** Peat and balneology in Finland. Proceedings of the International Conference on Peat Production and Use / K. Pihlaja, J. Peuravuori, R. Korhonen // Peat 90. – 1990. – Vol. 1 : Papers; Vol. 2 : Jyväskylä (Finland). – P. 62–65.
29. **Yamada, E.** Determination and behavior of humic substances as precursors of trihalomethane in environmental water / E. Yamada, T. Ozaki, M. Kimura // Anal. Sci. – 1998. – Vol. 14. – P. 327–332.
30. **Shenyuan, Y.** Application of Fulvic acid and its derivatives in the fields of agriculture and medicine / Y. Shenyuan. – 1st ed. – 1993.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 19.04.2016 г.

**И. И. Лиштван, Ю. Г. Янута, А. М. Абрамец,
В. Н. Алейникова, Е. А. Якута**

**ГУМИНОВЫЕ ПРЕПАРАТЫ НА ОСНОВЕ КАУСТОБИОЛИТОВ
И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В МЕДИЦИНЕ И БАЛЬНЕОЛОГИИ**

В обзоре дана оценка роли физико-химических свойств гуминовых кислот (ГК), а также их фракций, полученных с использованием новых технологий сохраняющих нативные свойства, с позиций перспектив применения ГК в медицине и бальнеологии как природных гуминовых соединений (ГС) – комплексообразователей ионов поливалентных металлов, а также пеллоидопрепаратов для бальнеологии. Основное внимание уделено гуминовым препаратам (ГП) на основе торфа. Представлены результаты исследований ГП, полученные авторами с учетом данных, полученных медиками и бальнеологами. Приведены результаты исследования свойств ГП, полученные авторами с использованием метода коллоидно-химической сепарации солей ГК. Экспериментально показано существенное различие свойств ГП, выделенных в щелочной и кислой средах, изменение их элементного состава, соотношения функциональных групп, липофильно-гидрофильных фрагментов в молекулярной структуре данных соединений. Изложены результаты сорбционной (ионообменной) активности полученных ГП.

**I. I. Lishtvan, U. G. Yanuta, A. M. Abramets,
V. N. Aleinikova, E. A. Yakuta**

**HUMIC PREPARATIONS ON A BASE OF CAUSTOBIOLITES AND
PROSPECTIVE OF THEIR USE IN MEDICINE, BALNEOLOGY**

In a review an assessed of the role of physico-chemical properties of humic acids (HA) and their fractions obtained from a use of new technologies preserve native properties, from the point of application of HA prospects in medicine, balneology, both natural humic preparations (HP) – complexions of polyvalent metal ions and pelloidopreparations for balneology is given. An emphasis is on humic substances (HS) on a basis of peat. Research results of HP are presented, which are got by authors with the help of data from medicines, balneologists. Research results of HP features got by authors with the help of colloidal and chemical separation of HA salts method are given. A sharp difference of HA features, derived in acidic and alkaline media, a change of their elemental composition, a ratio of functional groups, hydrophilic-lipophilic fragments in a molecular structure of these compounds are experimentally shown. Results of sorption (an ion exchange) activity of received HA are outline.

УДК 622.363.2'17:622.361.1:66.099.2

Е. В. Лаевская, Е. В. Воробьёва, Д. В. Чередниченко, П. Д. Воробьёв**ПОЛУЧЕНИЕ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ПЕРЕРАБОТАННЫХ ГЛИНОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ КАЛИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Приведены результаты исследования структурно-механических свойств (пластическая и статическая прочность) глинистого минерализованного продукта, образующегося после отделения солевого раствора при фильтрации глинисто-солевых шламов. Выявлено значительное влияние влажности гранулируемого материала на его пластическую прочность. Установлены оптимальные параметры процесса гранулирования продукта глинистого минерализованного (влажность, продолжительность грануляции, частота вращения барабана и его степень заполнения), обеспечивающие максимальный выход гранул определенного размера и прочности.

Процесс обогащения калийной руды направлен на выделение хлорида калия, содержание которого в руде не превышает 25–30 %. Другие составляющие калийной руды – хлорид натрия и глинистые минералы – не используются и относятся к отходам калийного производства. Хлорид натрия (твердый галитовый отход) складируется в солеотвалы, высота которых достигает 110–130 м, а занимаемая территория – более 600 га по состоянию на конец 2009 г. Глиносодержащие отходы, представляющие собой суспензию глины в концентрированном солевом растворе хлоридов калия и натрия, накапливаются в шламохранилищах, суммарная площадь которых составляет 1113 га, а объем накопленных шламов – 93,9 млн т. По объему складируемых на поверхности отходов и по занимаемым ими площадям наша страна опередила все крупнейшие страны – производители калийных удобрений [3, 9].

Накопление многотоннажных отходов калийного производства на поверхности неуклонно ухудшает экологию региона, что связано с выведением пахотных земель из оборота под шламохранилища и отвалы, загрязнением атмосферного воздуха, водных ресурсов, почв, растительности, а в случае жидких солевых отходов – возможностью аварийной ситуации. Случаи прорыва засоленных вод из шламохранилищ происходят неоднократно (один из примеров – прорыв дамбы на Стебниковской фабрике в Украине) и, как правило, наносят огромный экологический, экономический и социальный ущерб. В условиях масштабности калийного производства и недостаточности природоохранных инженерных сооружений наблюдается значительный прессинг на окружающую среду [3, 5, 9].

Решение проблемы отходов калийного производства в соответствии с законодательством (Закон Республики Беларусь «Об обращении с отходами» от 12.12.2012 г. № 6-З) должно осуществляться не только в направлении уменьшения объемов образования отходов и

предотвращения их вредного воздействия на окружающую среду, здоровье граждан, но и на максимальное вовлечение отходов в гражданский оборот в качестве вторичного сырья. Учитывая то, что действующие на предприятиях более полувека технологии обогащения руды и производства калийных удобрений не могут быть заменены на безотходные, а резервы по усовершенствованию производства в отношении снижения объемов отходов, захоронения их в выработанном пространстве и улучшения условий складирования практически исчерпаны, основным направлением решения проблемы отходов калийного производства остается их утилизация.

С позиций ресурсосбережения и рационального природопользования вопросы переработки и использования отходов калийного производства требуют не менее серьезного подхода, чем основной продукт производства – калийные удобрения. Необходима разработка новых технологий, дополняющих основное производство калийных удобрений и позволяющих переработать отходы в целевые продукты.

В глиносодержащих отходах калийного производства – глинисто-солевых шламах – содержится до 15 % хлорида калия. Сложные, затратные и трудоемкие технологии добычи и обогащения калийной руды направлены на максимально полное извлечение калийной соли, однако с глинисто-солевыми шламами в шламохранилища ежегодно направляются сотни тысяч тонн хлорида калия. Кроме калия в этих отходах содержатся другие ценные компоненты – натрий, бор, магний, кальций, железо и отсутствуют токсичные химические вещества, поскольку глинистая составляющая отделяется на начальной стадии обогащения калийной руды – до того, как в процесс вводят флотационные реагенты, антислеживатели и гидрофобизаторы поверхности, используемые при извлечении хлорида калия и получении калийных удобрений [4].

Несмотря на содержание ценных компонентов, непосредственное использование жидких

глиносодержащих отходов калийного производства практически невозможно в связи с их полу-жидкой формой (сuspензия) и высокой концентраций солей в жидкой фазе.

В Институте общей и неорганической химии НАН Беларуси разработана комплексная технология переработки глинисто-солевых шламов ОАО «Беларуськалий». Основой технологии является флокуляция глины и фазовое разделение супензии глинисто-солевых шламов на жидкую и твердую фазы. Для флокуляции использованы малые добавки (0,1–0,2 %) полиакриламида, широко применяемого в мировой практике для очистки воды, в том числе питьевой. Макромолекулы полимера, адсорбированные на разных частицах глины, образуют соединяющие их мостики, что приводит к образованию флокул размером $(2\text{--}5) \cdot 10^6$ нм [8].

Отделенная жидккая фаза – концентрированный солевой раствор хлоридов калия и натрия – возвращается в технологический процесс обогащения калийной руды, что обеспечивает значительную экономию калия. Твердая фаза после отделения солевого раствора, в терминах технологии – обезвоженный глинисто-солевой шлам – представляет собой однородную пластичную массу с влажностью 28–30 %. Полимер, введенный в систему на стадии флокуляции, несмотря на низкие концентрации, модифицирует глину и оказывает существенное влияние на структуру и свойства материала.

Разработанная технология переработки глиносодержащих отходов калийного производства обеспечивает выделение и использование (возврат в процесс обогащения) жидкой солевой фазы. На новый материал, полученный после отделения солевого раствора, зарегистрированы ТУ BY 600122610.003–2015 «Продукт глинистый минерализованный» (ПГМ). Он может быть использован для устройства противофильтрационных экранов на полигонах захоронения твердых коммунальных отходов, противопожарных барьеров лесным пожарам, насыпей и слоев оснований в конструкциях лесных автомобильных дорог.

Учитывая наличие в ПГМ полезных для питания растений элементов (калия, натрия, микроэлементов), отсутствие тяжелых металлов и токсичных веществ, природное происхождение и минералогический состав, близкий к почвам, целесообразно использование ПГМ для получения удобрений и мелиорантов в гранулированной форме, удобной для транспортировки, хранения и внесения в почву.

Известно, что способ гранулирования в динамических условиях (метод агломерации или окатывания) имеет ряд преимуществ по сравнению со статическим способом прессования. В первом случае основой процесса является фор-

мирование пластичных агрегатов за счет взаимодействия частиц, тогда как прессование требует значительного внешнего давления для деформации, частичного разрушения и соединения частиц за счет фазовых контактов [1, 7]. В солевых средах и минеральных дисперсиях фазовые контакты образуются за счет кристаллизации растворенных солей в точках контакта частиц. В сочетании с высокой механической нагрузкой и температурой образование фазовых контактов происходит очень быстро во всех направлениях массы материала. Спрессованные пластины материала дробят и фракционируют, отделяя гранулы нужного размера. Этот принцип на практике используют в способах прессования минеральных удобрений, в частности для грануляции калийных удобрений на ОАО «Беларуськалий». Недостатком способа прессования является низкая эффективность при высоких затратах энергии, что обусловлено двумя основными причинами: наличием тонкодисперсной (пылевидной) фракции порошка KCl и гидрофобностью поверхности вследствие применения аминов при флотационном обогащении калийной руды.

На практике использование способа гранулирования в динамических условиях позволяет значительно снизить энергопотребление и получить агрегаты шарообразной формы. Последнее важно для равномерного распределения в составе тукосмесей благодаря шарообразной форме и плотности, близкой к фосфор- и азотсодержащим удобрениям (в отличие от прессованных гранул стандартных калийных удобрений).

В соответствии с известными общими принципами подхода к выбору наиболее целесообразных методов гранулирования в зависимости от агрегатного состояния и физических свойств исходных веществ [2, 6] для гранулирования пластично-вязких материалов, к которым относятся исследуемые глинистые дисперсии, наиболее пригодны способы агломерации и окатывания. Процесс гранулирования в динамических условиях характеризуется двумя основными стадиями: формированием пластичных агрегатов и стабилизацией их структуры.

На первой стадии частицы дисперсной фазы образуют коагуляционные контакты через прослойки жидкости. Коагуляционная структура обеспечивает пластичность материала и позволяет в широких пределах изменять форму агрегата без его разрушения. Основным параметром, характеризующим прочность структуры при пластично-вязком разрушении, т. е. способность материала сопротивляться деформациям и разрушению под действием внешних сил, является пластическая прочность [5], метод определения которой основан на измерении усилия, необходимого для погружения конуса в исследуемый материал на заданную глубину. В статье пре-

дельное напряжение сдвига обозначается термином «пластическая прочность».

В процессе гранулирования на стадии стабилизации структуры агрегатов при термообработке и удалении влаги образуются конденсационно-кристаллизационные структуры, в которых между частицами образуются прочные фазовые контакты вследствие сращивания кристаллов солей в глиносоловых дисперсиях. Прочность таких структур больше, чем коагуляционных, и после механического разрушения они не могут самопроизвольно восстанавливаться. Вследствие этого в конденсационно-кристаллизационных структурах отсутствуют тиксотропные свойства и пластичность. Для исследования физико-механических свойств гранул исследовали их статическую прочность – предел прочности при сжатии, механическое напряжение, выше которого происходит разрушение их структуры.

Ниже представлены результаты исследования структурно-механических свойств нового материала ПГМ (пластической прочности дис-

персии и статической прочности гранул), образующегося после отделения солевого раствора в процессе обезвоживания (фильтрации) глинисто-солевых шламов в целях оптимизации параметров процесса гранулирования ПГМ в динамических условиях.

Экспериментальная часть. В работе использовали ПГМ состава, мас. % по сухому веществу: глина – 78, хлорид калия (KCl) – 10, хлорид натрия (NaCl) – 12, полиакриламид – 0,1. Влажность ПГМ составляла 28 %. Основные характеристики ПГМ соответствовали требованиям ТУ ВУ 600122610.003–2015 «Продукт глинистый минерализованный». В экспериментах использовали также глинисто-солевую дисперсию без полимерных флокулянтов и обезвоживания (ГСД) и флотационный KCl, соответствующий ГОСТ 4568–95.

Пределное напряжение сдвига определяли, используя конический пластометр (рис. 1), методом, основанном на определении усилия F , которое необходимо приложить к конусу для погружения его в систему на известную глубину h .

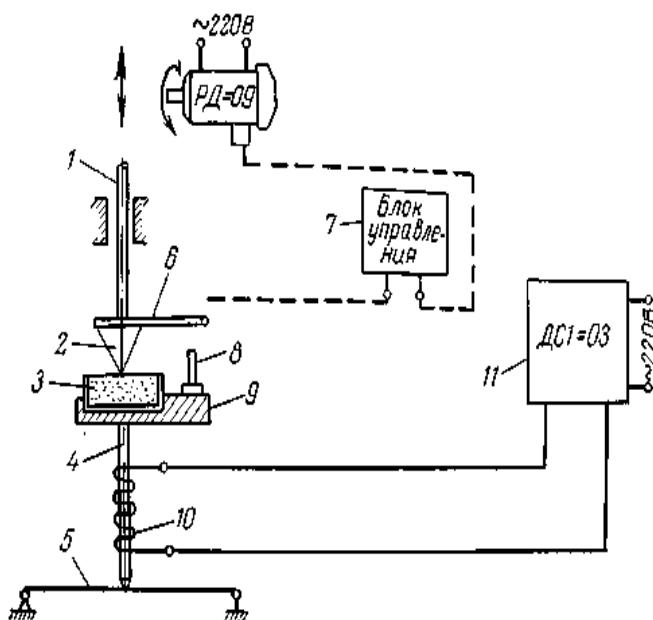


Рис. 1. Принципиальная схема пластометра:
1 – шток; 2 – конус; 3 – чашка; 4 – плунжер; 5 – пружина; 6 – пластина-изолятор;
7 – блок управления; 8 – штырь; 10 – индукционная емкость; 11 – вторичный прибор

Образцы (фракция с размером частиц менее 0,2 мм) увлажняли водой или водным раствором, перемешивая смесь в течение 7–8 мин для равномерного распределения влаги. Навеску увлажненного порошка переносили в измерительную чашку (диаметр – 55 мм, высота борта – 17 мм), выравнивали и уплотняли. Исследуемый образец помещали на чашку весов, компенсировали его вес, затем погружали конус на заданную глубину и по шкале весов определяли соответ-

ствующее усилие. Величину пластической прочности рассчитывали по формуле:

$$P = \frac{K_\alpha \cdot F}{h^2},$$

где P – пластическая прочность системы, МПа; K_α – константа конуса, зависящая от величины угла при вершине конуса; F – сила сопротивления образца, кг; h – глубина погружения конуса, м.

В соответствии со схемой пластомера на рис. 1, чашка с исследуемым образцом закреплена на плунжере, который опирается на тарированную пружину. Конус с углом при вершине 60° закреплен на штоке, совершающем возвратно-поступательные движения. При опускании конуса пластина-изолятор соприкасается со штырем, при этом посыпается сигнал на вход блока управления. За счет перемещения плунжера в емкости из блока управления после погружения конуса на заданную глубину посыпается вторичный сигнал на реверсивный двигатель привода штока. Конус, закрепленный на штоке, поднимается. Сила сопротивления образца погружению конуса фиксируется вторичным прибором. Скорость погружения конуса в исследуемый образец постоянна. Измерение силы сопротивления, возникающей при погружении конуса в образец под действием нагрузки, для каждого образца проводили не менее 5 раз; результаты экспериментов усредняли. Точность метода – $\pm 0,3$ МПа.

Для моделирования процессов смешения, гранулирования и сушки использовали лабораторный стенд, на валу которого, равномерно по всей длине смесительной камеры устанавливали по шесть лопастей. Для продольного перемещения материала лопастям придавали изгиб в форме пропеллера. Учитывая периодический характер процесса смешения, соседние лопасти ориентировали в противоположном направлении.

Навеску материала помещали в смесительную камеру с установленным смесительным валом, закрывали крышкой и закрепляли на основании стенда. Связь привода и смесительного вала осуществляли с помощью быстроразъемной муфты. Смешение проводили при скоростях вращения привода 250, 500 и 750 об/мин. Навеска материала составляла 350 или 700 г, что соответствует степени заполнения в 30–40 % и 60–70 % соответственно. Время смешения (3, 5 и 7 мин) фиксировали с помощью электронного таймера. Источник сушильного агента позволял получать нагретый воздух с температурой от 50 до 600 °C. Производительность вентилятора источника сушильного агента составляла 250 и 500 л/мин, что при заданной конфигурации камеры смешения обеспечивало скорость потока теплоносителя 1,3 и 2,5 м/с соответственно.

Гранулированный продукт разделяли на две части, одну из которых рассеивали на фракции. Изучение скорости сушки проводили отдельно для каждой из фракций и для всего материала. Навеску гранул помещали в камеру для образцов и взвешивали, затем образец отправляли в камеру сушки, где он подвергался воздействию теплоносителя с заданными параметрами. Через равные промежутки времени (5 мин) образец извлекали из камеры, охлаждали и взвешивали. Процедуру взвешивания повторяли до

полного прекращения изменения массы образца. На основании полученных данных о потере массы образцом за счет испарения влаги определяли скорость и общее время сушки образца. Ретурный продукт получали путем измельчения предварительно высущенного шлама или некондиционных гранул гранулированного продукта в лабораторной мельнице до крупности не более 1 мм.

Определение статической прочности проводили путем измерения среднего усилия раздавливания 20 образцов на приборе ИПГ-1. Расчет проводили по формуле

$$G_c = \frac{\sum_{i=1}^{20} F_{c_i}}{20S},$$

где G_c – статическая прочность гранулы, МПа; F_{c_i} – разрушающее усилие сжатия гранулы, кг; S – средняя площадь диаметрального сечения гранулы, см².

Точность измерения прочности гранул по данной методике – $\pm 0,15$ МПа.

Ситовой анализ проводили путем ручного грохочения материала на ситах с размером ячейки 5, 2, 1 и 0,4 мм. Продолжительность рассева составляла 3 мин. После грохочения каждую фракцию взвешивали.

Результаты и их обсуждение. При постоянном перемещении частиц, которое приводит одновременно к образованию и разрушению агрегатов, реализация контактного взаимодействия между частицами требует определенного уровня влажности. Зависимость пластической прочности от содержания влаги для разных образцов носит различный характер (рис. 2). Пластическая прочность ПГМ сохраняется на уровне 30 МПа в широком интервале содержания влаги: от 12 до 20 %.

В области оптимального влагосодержания частицы ПГМ взаимодействуют друг с другом посредством полимера, введенного в систему ранее – на стадии флокуляции глины. Во флокулированной глинистой дисперсии полимер, адсорбированный на поверхности частиц, скрепляет их в агрегаты. При перемешивании ПГМ такие агрегаты не разрушаются до отдельных частиц и формирование пластичных агрегатов, возможно, происходит из агрегатов (флокул) через прослойки жидкости посредством коагуляционных контактов. В этом случае пластическая прочность сохраняет стабильно высокий уровень в широком интервале влагосодержания, что обеспечивает высокую плотность и прочность гранул.

Низкая пластическая прочность глинистой дисперсии (менее 12 МПа) и не выраженная зависимость от влагосодержания прочности

ГСД, полученной без полимера-флокулянта (см. рис. 2), обусловлена тем, что глина поглощает влагу в процессе набухания и удерживает ее на поверхности и в порах. При таком содержании воды частицы не способны свободно перемещаться друг относительно друга при деформации, что препятствует формированию пластичных агрегатов и снижает эффективность

стадии структурообразования, на которой закладываются форма, размер, прочность гранул.

Отличие структуры материалов ПГМ и ГСД видно на рис. 3. Глинистый материал после флокуляции и обезвоживания характеризуется совершенно иной структурой, чем тот же материал без обработки полимером.

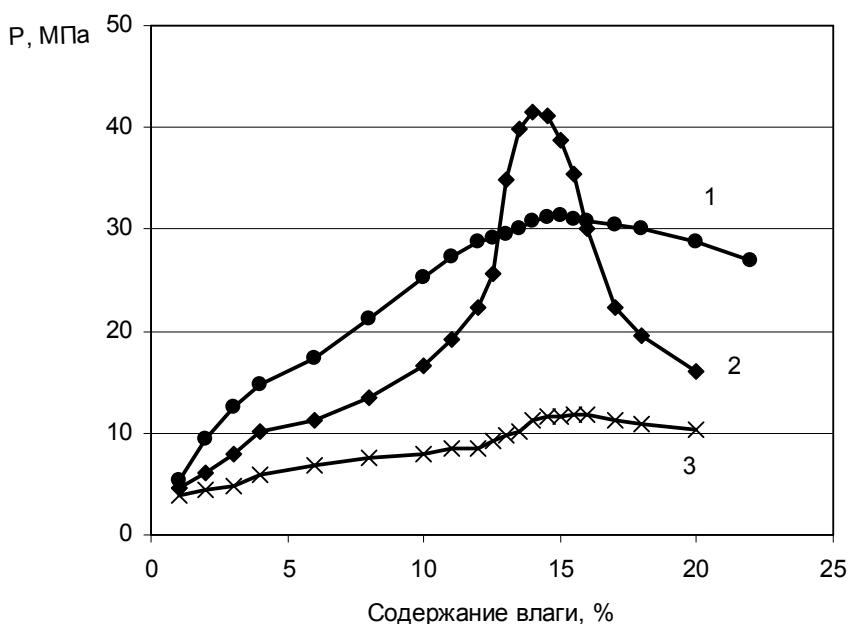


Рис. 2. Пластическая прочность: 1 – ПГМ; 2 – хлорида калия; 3 – ГСД



Рис. 3. Фотографии ПГМ (а) и ГСД (б)

На практике гранулирование глинистой дисперсии связано с большими трудностями не только из-за низкой пластичности, но и в связи с липкостью (высокой адгезией к оборудованию).

Благосодержание ПГМ регулируется соотношением материала и ретура. В табл. 1 приведены расчетные данные по влажности сырьевой смеси для различных соотношений исходного продукта и ретура. Результаты исследований

показали, что при содержании ретура менее 30 % ПГМ в смесителе не гранулируется. Высокая влажность смеси (более 20 %) приводит к слипанию отдельных частиц кека и образованию крупных комков. Увеличение ретурности смеси (более 60 %) снижает эффективность гранулирования. В обработанном продукте наряду с окатанными гранулами остается не смешанный с кеком ретур. Выход гранул целевой фракции снижается до 20–30 % (табл. 2).

Таблица 1. Влажность образцов ПГМ при различном соотношении ПГМ и ретура

Количество, %		Влажность смеси, %
ПГМ	ретура	
80	20	25,1
60	40	19,2
50	50	16,3
40	60	13,3
20	80	7,4

Таблица 2. Гранулометрический состав и прочность образцов ПГМ для гранулирования

Размер фракции, мм	Содержание фракции определенного размера, %				
	Содержание ретура, % от массы смеси				
	20	40	50	60	80
Более 5	100	26,6	25,8	22,6	16,1
2–5	–	51,2	44,9	39,9	22,5
1–2	–	13,2	13,3	12,4	10,7
1–0,4	–	5,2	12,6	19,6	27,3
Менее 0,4	–	3,8	3,3	5,5	23,4
Σ 1–5	–	64,4	58,2	52,3	33,2
Прочность гранул, МПа	–	0,45	0,65	0,6	0,45

Таблица 3. Количество гранул фракций размером 2–5 мм в числителе и 1–5 мм в знаменателе в зависимости от скорости и времени перемешивания (ретурность – 50 %)

Скорость смещения, об/мин	Выход гранул, % фракция 2–5 мм / фракция 1–5 мм			
	Время смещения, мин			
	1	3	5	7
250	14,1/27,9	38,9/50,1	44,4/56,2	31,4/51,1
500	–	–	46,5/60,9	–
750	–	–	51,2/68,2	–

Таблица 4. Влияние коэффициента заполнения оборудования на эффективность процесса гранулирования ПГМ (ретурность – 50 %)

Размер фракции, мм	Содержание фракции, %			
	Скорость смещения, об/мин			
	250		750	
	5	7	3	5
Более 5	40,8	14,9	7,7	8,2
2–5	25,7	32,0	34,9	45,9
1–2	14,6	29,3	36,5	26,2
1–0,4	14,4	20,0	18,0	16,6
Менее 0,4	4,5	3,8	2,9	3,1
Σ 2–5	25,7	32,0	34,9	45,9
Σ 1–5	40,3	61,3	71,4	72,1
Прочность гранул, МПа	0,5	0,6	0,7	0,7

Результаты исследования зависимости выхода фракций гранулированного продукта от скорости и времени перемешивания при ретурности 50 %, приведенные в табл. 3, свидетельствуют о том, что существует оптимальное время гранулирования, которое при минимальной скорости вращения ротора смесителя составляет от 3 до 5 мин. При недостаточном перемешивании частицы дисперсии не успевают полностью перемещаться с ретуром и остаются в виде крупных рыхлых комков. С увеличением продолжительности перемешивания частицы измельчаются и лучше перемешиваются с ретуром, формируются более плотные частицы оптимальных размеров. В случае длительной продолжительности гранулирования выход гранул оптимального размера снижается за счет увеличения количества мелких фракций и слипания частиц. Изменение продолжительности гранулирования практически не оказывает влияния на прочность гранул.

Важным показателем, определяющим производительность технологической линии гранулирования, является коэффициент заполнения оборудования. Эксперименты проводили при коэффициенте загрузки 25–35 %. В связи с тем, что в литературе приводятся сведения о возможности эксплуатации смесителей при коэффициенте загрузки 70–80 %, мы исследовали режим работы оборудования с коэффициентом загрузки 75 %. Полученные данные приведены в табл. 4, из которой видно, что эксплуатация смесителя при высоком коэффициенте заполнения возможна только при повышении скорости вращения смесительного вала. Увеличение продолжительности перемешивания при недостаточной скорости смесителя практически не влияет на результаты процесса обработки.

Увеличение коэффициента заполнения смесителя приводит к снижению прочности гранул в среднем на 5–10 %. Повышение прочности может быть достигнуто за счет увеличения скорости вращения смесительного вала и (или) оптимизации его формы для работы с повышенным коэффициентом заполнения оборудования.

Таким образом, результаты исследования структурно-механических свойств нового глинистого минерализованного продукта, образующегося после отделения солевого раствора в процессе обезвоживания (фильтрации) глиносодержащих отходов калийного производства, позволили определить интервал оптимального влагосодержания гранулируемого материала (12–20 %) и, соответственно, его ретурность (30–60 %), а также оптимизировать технологические параметры процесса гранулирования ПГМ (скорость и время перемешивания, степень заполнения оборудования), обеспечивающие максимальный выход гранул заданного размера и прочности.

Литература

2. Классен, П. В. Основные процессы технологии минеральных удобрений / П. В. Классен, И. Г. Гришаев. – М., 1990.
3. Лиштван, И. И. Реологические свойства торфоминеральных смесей и их формируемость / И. И. Лиштван, В. А. Тычина, А. А. Терентьев // Коллоид. журнал. – 1979. – № 6. – С. 1190–1193.
5. Лысухо, Н. А. Воздействие объектов размещения отходов на окружающую среду / Н. А. Лысухо, Д. М. Ерошина // Отходы производства и потребления, их влияние на природную среду / Н. А. Лысухо, Д. М. Ерошина. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011. – Гл. 3. – С. 37–142.
6. Печковский, В. В. Технология калийных удобрений / В. В. Печковский, Х. М. Александрович, Г. Ф. Пинаев ; под ред. В. В. Печковского. – Минск, 1968.
7. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень. 2001 год / НАН Беларуси, Ин-т природопользования ; под общ. ред. В. Ф. Логинова. – Минск, 2002.
4. Структурообразование реологически сложных дисперсных систем в процессе сушки / И. И. Лиштван [и др.] // Коллоидный журнал. – 1985. – № 2. – С. 376–379.
8. Урьев, Н. Б. Закономерности структурообразования высококонцентрированных дисперсных систем в динамических условиях / Н. Б. Урьев // Коллоидный журнал. – 1978. – № 5. – С. 915–922.
1. Фазовое разделение солевых дисперсий глины полиакриламидными флокулянтами / Е. В. Воробьёва [и др.] // Журнал прикладной химии. – 2014. – № 12. – С. 1762–1768.
- 9 Чумаков, Л. С. Охрана природы : пособие для учителя / Л. С. Чумаков. – Минск, 2008.

Институт общей и неорганической химии

Поступила в редакцию 11.04.2016 г.

**Е. В. Лаевская, Е. В. Воробьёва,
Д. В. Чередниченко, П. Д. Воробьёв**

ПОЛУЧЕНИЕ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ПЕРЕРАБОТАННЫХ ГЛИНОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ КАЛИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Изложены результаты исследования структурно-механических свойств нового глинистого минерализованного продукта, который образуется после отделения солевого раствора в процессе обезвоживания (фильтрации) глиносодержащих отходов калийного производства. Установлен оптимальный интервал влажности глинистого материала (12–20 %), которая регулируется соотношением продукта и ретура. Изучено влияние технологических параметров процесса грануляции (коэффициент заполнения, скорость и продолжительность перемешивания) на гранулометрический состав гранулированного продукта и прочность гранул. Полученные результаты использованы для разработки способа гранулирования глинистого минерализованного продукта в динамических условиях.

**E. V. Layeuskaya, E. V. Vorobieva,
D. V. Cherednichenko, P. D. Vorobiev**

OBTAINING OF GRANULATED PRODUCTS BASED ON RECYCLED CLAY-CONTAINING POTASH PRODUCTION WASTES

The article presents results of a study of structural and mechanical properties of a new mineralized clay product which is formed after a separation of a salt solution in a process of dewatering (filtration) of clay-containing potash production wastes. An optimal interval of clay material moisture content is determined (12–20 %), which is regulated by a ratio of the product and retour. An influence of technological parameters of the granulation process (duty cycle, speed and mixing time) on a size distribution of the granular product and their strength is studied. Results are used to develop a method for granulating the clay mineralized product under dynamic conditions.

УДК 547.458.87+547.992.2

**Г. В. Наумова, А. Э. Томсон, Н. А. Жмакова,
Н. Л. Макарова, Т. Ф. Овчинникова**

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОРФА И РАПСОВОГО ШРОТА КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ

Показана перспективность добавок к торфу отхода маслоэкстракционного производства – рапсового шрота, с целью получения регуляторов роста растений гуминовой природы, обогащенных азотсодержащими соединениями.

В ходе исследований последних лет выявлена перспективность получения комплексных гуматсодержащих препаратов ростстимулирующего действия на основе торфа и отдельных видов отходов промышленной переработки растительного сырья, что позволяет обогащать целевые продукты, содержащие активизированные гуминовые кислоты, дополнительно аминокислотами, меланидинами, карбоновыми кислотами, биогенными аминами, и другими биологически активными соединениями [4].

Анализ литературных данных и опыт проведения экспериментальных научных исследований показывает, что торф является перспективным сырьем для получения биологически активных препаратов, обладающих ростстимулирующим действием. Это источник биологически активных соединений растительного происхождения, а также гуминовых веществ, образующихся в торфяной залежи. Препараты, получаемые на основе торфа, проявляют многоплановое действие на живую клетку, ускоряя энергетические и обменные процессы, стимулируя поступление питательных веществ, рост и деление клеток.

Рапс является одной из масличных культур, посевы которого ежегодно расширяются, как в нашей республике, так и в других странах. В последние годы посевы рапса в Беларуси занимают около 400 тыс. га, что позволяет получать порядка 650 тыс. т семян. Эти семена в зависимости от сорта, включают от 40 до 50 % масла, от 23 до 28 % белка, а после извлечения масла образуется рапсовый шрот, который содержит до 38 % протеинов и широкий набор витаминов [2].

Рапсовый шрот используется в составе кормовых рационов сельскохозяйственных животных и птицы, однако его применение в этих целях строго регламентировано и ограничивается небольшими дозами из-за присутствия в нем глюкозиналатов и эруковой кислоты, отрицательно влияющих на сердечно-сосудистую систему, репродуктивные функции, метаболизм йода и других микроэлементов в организме животных. Намечаемые направления использования шрота как сырья для получения биологи-

чески активного препарата ростстимулирующего действия путем его термохимической переработки совместно с торфом, позволит избавиться от указанных вредных веществ, разрушающихся под влиянием повышенных температур, и обогатить новый гуматсодержащий препарат азотистыми биологически активными соединениями.

Для проведения аналитических и экспериментальных работ использовали рапсовый шрот Витебского маслоэкстракционного завода, который в настоящее время является основным наиболее крупным производителем рапсового масла и шрота в нашей республике. На это предприятие ежегодно поступает для переработки до 100 тыс. т семян рапса, а после извлечения масла методом экстракции остается в качестве побочного продукта около 52 тыс. т. шрота. Рапсовый шрот образуется после экстрагирования измельченных семян рапса диэтиловым эфиrom.

Торф – второй компонент исходного сырья для получения нового комплексного препарата, был отобран из штабеля на одном из полей его добычи на торфопредприятии «Усяж» (Смолевичский район, Минская область).

Выполнена геоботаническая характеристика отобранного торфа (табл. 1).

Как видно из приведенных данных, выбранный торф является типичным представителем травяной группы низинного типа. В его ботаническом составе преобладают структурированные остатки растений тростника, присутствуют в небольшом количестве осоки и кора древесины. Эти данные позволили отнести исследуемый торф к тростниковому виду, степень разложения которого составляет 30–35 %. Такой торф является полноценным сырьем для получения биологически активных гуминовых препаратов.

Определение органолептических свойств отобранного образца рапсового шрота показало, что он имеет коричневый с зеленоватым оттенком цвет и специфический запах. Выполнена физико-химическая характеристика образцов тростникового торфа и рапсового шрота, которая приведена в табл. 2.

Таблица 1. Геоботаническая характеристика образца торфа торфопредприятия «Усяж»

Тип торфа	Вид торфа	Степень разложения, %	Ботанический состав остатков растений, %
Низинный	Тростниковый	30–35	Тростник – 85, осоки – 10, древесные – до 5, моховые – единично

Таблица 2. Физико-химические свойства тростникового торфа и рапсового шрота

Вид сырья	Массовая доля				Насыпная плотность, г/см ³	рН
	влаги, %	золы, % на СВ	сухих веществ, %	органических веществ, % на СВ		
Торф тростниковый	45,1	8,9	54,9	46,0	0,33	5,8
Шрот рапсовый	9,8	5,3	91,2	85,9	0,57	5,6

Как показывают результаты исследований, выбранный торф имеет невысокую зольность, а массовая доля влаги в нем характерна для торфа, добываемого фрезерным способом. Влажность рапсового шрота почти в 5 раз, а зольность в 2 раза ниже, чем у торфа. Насыпная плотность шрота, напротив, значительно больше, чем торфа. Выбранные материалы имеют близкие значения рН водной вытяжки.

Учитывая, что разработка и получение нового регулятора роста растений требует углубленного исследования химического состава исходного сырья, в первую очередь органической его части, были определены элементный состав горючей массы и содержание основных компонентов органической природы в тростниковом торфе и рапсовом шроте.

Элементный состав горючей массы указанных материалов определяли на СНН-анализаторе, а их компонентный состав исследовали по методике [1], извлекая битумы, водорастворимые (ВР), легкогидролизуемые (ЛГ), трудногидролизуемые (ТГ), щелочерастворимые

(ЩР) вещества и негидролизуемый остаток (НГО). При этом методом щелочной обработки сырья в торфе определяли гуминовые вещества, а в шроте – щелочерастворимые, а при определении веществ, растворимых в органическом растворителе (бензине ВР 2) экстракт торфа именовали битумом, а экстракт шрота – маслом.

Проведенные эксперименты показали, что торф существенно отличается от шрота по элементному составу горючей массы (табл. 3).

Торф является более «обуглероженным» продуктом, в котором углерод составляет около 60 % горючей массы, а в шроте этот показатель находится на уровне 48,6 %. Шрот содержит больше кислорода в горючей массе, чем торф. Характерным для горючей массы шрота является высокий показатель азота, который в 2,3 раза выше, чем у торфа. Указанные различия можно объяснить присутствием в этих категориях сырья различных групп органических соединений, что подтверждается экспериментальными данными, полученными при определении их компонентного состава (табл. 4).

Таблица 3. Элементный состав тростникового торфа и рапсового шрота

Вид сырья	Элементный состав, % на горючую массу			
	C	H	N	O
Торф тростниковый	58,0	5,8	2,6	33,6
Шрот рапсовый	48,6	6,2	5,9	39,3

Таблица 4. Компонентный состав тростникового торфа и рапсового шрота

Вид сырья	Компонентный состав, % на ОМ					
	Битум (масла)	ВР	ЛГ	ТГ	ЩР	НГО
Торф тростниковый	3,6	3,4	23,8	12,6	47,1	9,5
Шрот рапсовый	1,2	19,2	54,3	14,5	4,9	6,0

Исследуемые материалы отличаются по выходу веществ, экстрагируемым органическими растворителями. Так, тростниковый торф содержит практически втрое больше экстрактивных веществ (битумов), чем рапсовый шрот, что обу-

словлено предварительной обработкой семян рапса органическим растворителем – диэтиловым эфиром, при извлечении из него рапсового масла. Для водорастворимых веществ наблюдается обратная зависимость, т. е. рапсовый шрот

более богат водорастворимыми веществами, содержание которых в нем более чем в 5 раз выше, чем в тростниковом торфе. Это связано с тем, что в химическом составе растительных материалов, к которым относится и рапсовый шрот, в значительной мере преобладают гемицеллюлозы, уроновые кислоты, моно- и олигосахарины, которые переходят в раствор при обработке горячей водой и разбавленными кислотами. Вместе с тем с ростом степени разложения торфа содержание водорастворимых и легкогидролизуемых веществ в нем значительно уменьшается, при этом возрастает количество гуминовых веществ. Как и следовало ожидать, тростниковый торф богат этими веществами, извлекаемыми щелочными растворами, а в рапсовом шроте гуминовые вещества не присутствуют и содержание щелочерастворимых соединений составляет около 5 %.

По содержанию трудногидролизуемых веществ полученные показатели у исследуемого сырья отличаются в меньшей мере. Количество негидролизуемого остатка в торфе на 3,5 % выше, чем в рапсовом шроте.

Изучен аминокислотный состав кислотных гидролизатов тростникового торфа, с использованием аминокислотного анализатора. Полученные результаты представлены в табл. 5, в которой приведен аминокислотный состав рапсового шрота на основе литературных данных [3].

Как видно из данных табл. 5, в составе аминокислот рапсового шрота в расчете на их суммарное содержание преобладает аргинин

Таблица 5. Аминокислотный состав кислотных гидролизатов тростникового торфа и рапсового шрота

Аминокислота	Содержание аминокислот, % на ОМ сырья	
	Рапсовый шрот	Тростниковый торф
Лейцин	–	0,12
Серин	–	0,04
Лизин	2,03	0,10
Глицин	–	0,10
Аминономасляная	–	0,02
Метионин	0,96	0,10
Тирозин	–	0,05
Цистин	1,66	Отсутствует
Глутаминовая	–	0,11
Треонин	1,64	0,13
Пролин	–	0,06
Триптофан	0,48	Отсутствует
Аланин	–	0,11
Аргинин	2,23	Отсутствует
Аспаргиновая	–	0,30
Валин	1,90	Отсутствует
Фенилаланин	–	0,06
Всего	10,9	1,30

(20,5 %), лизин (18,6 %) и валин (17,5%). В нем также содержится до 15% треанина и цистина, а меньше всего – метионина (8,8%) и триптофана (4,4%). Следовательно, при деструкции рапсового шрота в гидролизаты должен переходить целый набор аминокислот, среди которых есть такие важные, как лизин, треанин и аргинин. Среди незаменимых аминокислот – лизин, который дефицитен как для растительных, так и для животных организмов. Он инициирует деление клеток и синтез нуклеозидов, активизирует деятельность ферментов, обладая выраженным мембранотропным действием. Треанин, как известно, служит структурным элементом пептидов и белков в растительной и животной клетке, в том числе способствуя ускоренному формированию иммунных белков. Недостаток метионина и цистина ослабляет иммунную систему и предрасполагает растительный и животный организм к инфекционным болезням. Валин – незаменимая аминокислота при формировании витаминов группы В, активно участвует в нормализации обмена веществ в живой клетке.

Общее содержание аминокислот в рапсовом шроте превышает 10 % от его органической массы.

Гидролизаты тростникового торфа содержат более широкий набор аминокислот. При этом многие из них, судя по литературным данным, отсутствуют в гидролизатах рапсового шрота. Однако общее содержание аминокислот в рапсовом шроте на порядок выше, чем в торфяном гидролизате.

Тростниковый торф и рапсовый шрот включают значительные количества минеральных веществ – 8,9 и 5,3 % соответственно в расчете на сухую массу, поэтому значительный интерес представляет изучение содержания макро- и микроэлементов в их составе.

Состав минеральной части образца торфа определяли рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре марки ElvaX Light. Легкие элементы определяли в диапазоне до 10 кэВ, тяжелые – до 42 кэВ. Из зольного остатка, полученного при сжигании торфа в муфельной печи при температуре 800 °C, формовали таблетки под давлением 10 МПа, используя в качестве связующего борную кислоту. Состав минеральной части образца тростникового торфа представлен в табл. 6.

Установлено, что 86,8 % зольной части торфа представлено такими элементами, как кремний, кальций, железо, калий и сера, а на долю фосфора, магния и натрия приходится 14,2 %.

Минеральная часть торфа содержит также 1,2 % микроэлементов, среди которых преобладают цинк, титан и марганец, которые составляют 80,83 %. В десятых долях процента присут-

ствуют олово, цирконий, никель и вольфрам, а количество остальных микроэлементов чрезвычайно мало, в том числе таких опасных, как свинец и хром.

Таким образом, исследуемый образец тростникового торфа содержит широкий спектр макро- и микроэлементов, отдельные из которых являются балластом (такие, как кремний), дру-

гие – положительно влияют на ростовые процессы и обмен веществ живых организмов (калий, марганец и др.), а кроме того они положительно характеризуются низким содержанием опасных элементов.

Согласно литературным данным [3], приведенным в табл. 7, рапсовый шрот состоит из большого набора макро- и микроэлементов.

Таблица 6. Химический состав макро- и микроэлементов тростникового торфа

Макроэлемент	Массовая доля, % от сухого вещества	% от суммы	Микроэлемент	Массовая доля, % от сухого вещества	% от суммы
Кремний	1,94	22,1	Цинк	0,440	36,67
Кальций	1,77	20,2	Титан	0,340	28,33
Железо	1,68	19,1	Марганец	0,190	15,83
Калий	1,29	14,7	Олово	0,070	5,83
Сера	0,94	10,7	Цирконий	0,060	5,00
Фосфор	0,60	6,8	Никель	0,060	5,00
Магний	0,51	5,8	Вольфрам	0,024	2,00
Натрий	0,05	0,6	Кобальт	0,008	0,67
–	–	–	Хром	0,005	0,42
–	–	–	Свинец	0,003	0,25
<i>Сумма:</i>	8,78	100,0	<i>Сумма:</i>	1,200	100,0

Таблица 7. Химический состав макро- и микроэлементов в рапсовом шроте

Макроэлемент	Массовая доля, %	Микроэлемент	Содержание, мг/кг
Сера	1,40	Медь	6,10
Калий	1,25	Цинк	50,20
Фосфор	0,90	Марганец	62,00
Кальций	0,70	Кобальт	0,19
Магний	0,50	Йод	0,57
Железо	0,39	Селен	0,51
Натрий	0,07	Молибден	2,00
Хлор	0,05	Фтор	2,20
–	–	Никель	0,80
<i>Сумма:</i>	5,26	<i>Сумма:</i>	124,57

Рапсовый шрот содержит значительные количества серы (26,62 % от суммы микроэлементов), а также калия, фосфора, кальция (23,76; 17,12 и 13,30 % соответственно), в то время как доля магния и железа составляет 9,51 и 7,41 % от суммы микроэлементов. Натрий и хлор представлены в значительно меньших количествах.

В рапсовом шроте содержатся значительные количества марганца и цинка, которые в составе микроэлементов составляют 40,29 и 49,79 % соответственно. Шрот содержит также медь (4,9 % от суммы микроэлементов), молибден (1,59) и фтор (1,79 % от суммы микроэлементов). Значительно меньше присутствует йода, селена, никеля и еще меньше кобальта (0,15 %).

Анализ полученных данных по исследованию физико-химических свойств и химического

состава рапсового шрота и высокогумифицированного тростникового торфа свидетельствует о целесообразности их совместной переработки, в процессе которой целевой продукт будет обогащаться биологически активными соединениями – активизированными гуминовыми веществами, переходящими в раствор из торфа, и аминокислотами из рапсового шрота, что обеспечит высокую биологическую активность целевого продукта.

Таким образом, научно обосновано и предложено использовать в качестве компонентов исходного сырья при разработке нового комплексного биологически активного препарата ростстимулирующего действия низинный торф с высоким содержанием гуминовых веществ и рапсовый шрот, богатый азотистыми соединениями белковой природы.

Литература

1. **Лиштван, И. И.** Основные свойства торфа и методы их определения / И. И. Лиштван, Н. Т. Король. – Минск, 1975. – С. 183–194.
2. **Пилюк, Я. Э.** Рапс в Беларуси / Я. Э. Пилюк. – Минск, 2007.
3. **Пономаренко, Ю. А.** Безопасность кормов, кормовых добавок и продуктов питания / Ю. А. Пономаренко, В. И. Фисинин, И. А. Егоров. – Минск, 2012. – С. 742.
4. **Хрипович, А. А.** Аминогумат – эффективный регулятор роста на основе торфа / А. А. Хрипович, Н. Л. Макарова, И. В. Кляуззе // Химия твердого топлива. – 2003. – № 5. – С. 3–9.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 18.04.2016 г.

Г. В. Наумова, А. Э. Томсон, Н. А. Жмакова, Н. Л. Макарова, Т. Ф. Овчинникова

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОРФА И РАПСОВОГО ШРОТА КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ

В ходе исследований последних лет выявлена перспективность получения комплексных гуматсодержащих препаратов ростстимулирующего действия на основе торфа и растительного сырья, богатого природными биологически активными соединениями.

Научно обосновано и предложено использовать в качестве компонентов исходного сырья при разработке нового комплексного биологически активного препарата ростстимулирующего действия низинный торф с высоким содержанием гуминовых веществ и рапсовый шрот, богатый азотистыми соединениями белковой природы.

Выполнена физико-химическая характеристика торфяного и рапсового сырья, установлено, что торф характеризуется невысокой зольностью – 8,9 %, его влажность составляет 45,1 %, в то время как рапсовый шрот имеет более низкие показатели влажности (9,8 %) и зольности (5,3 %).

Исследование компонентного состава этих материалов показало, что тростниковый торф содержит втрое больше веществ, извлекаемых органическим растворителем (3,6 %), чем рапсовый шрот (1,2 %), содержание же водорастворимых веществ в рапсовом шроте достигает 19,2 %, а в тростниковом торфе оно находится на уровне 3,4 %. По содержанию трудногидролизуемых веществ исследуемое сырье отличается в меньшей мере. Тростниковый торф богат веществами гуминовой природы (47,1 %), в рапсовом шроте содержание щелочерастворимые соединений составляет 4,9 %.

Исследование аминокислотного состава показало, что общее содержание аминокислот в рапсовом шроте превышает 10 % его органической массы и на порядок выше, чем в торфе. Значит, при деструкции рапсового шрота в гидролизаты может переходить целый набор аминокислот, среди которых есть такие важные, как лизин, треанин и аргинин.

Исследование минеральной части данного сырья показало наличие в торфе и рапсовом шроте широкого спектра макро- и микроэлементов, многие из которых положительно влияют на ростовые процессы и обмен веществ живых организмов (калий, марганец и др.).

G. V. Naumova, A. E. Tomson, N. A. Zhmakova, N. L. Makarova, T. F. Ovchinnikova

PEAT AND RAPESEED MEAL RESEARCH AS A RAW MATERIAL FOR JOINT RECYCLING TO OBTAIN A BIOLOGICALLY ACTIVE PREPARATIONS

During investigations of recent years a prospect of complex drugs production of gumat-containing growth-stimulating action on a basis of peat and plant materials rich in natural bioactive compounds is found.

Scientifically justified and proposed to use lowland peat with a high content of humic substances and rapeseed meal, rich in nitrogenous compounds of protein nature as a raw material component in the development of new complex biologically active preparation growth-stimulating action.

Physical and chemical characteristics of peat and rapeseed material is done, it is established that peat is characterized by high ash content – 8.9 %, and its moisture content is 45.1 %, whereas the rapeseed meal has a lower levels of moisture content (9.8 %) and ash (5.3 %).

A component content research of these materials show that reed peat contains three times more substances extracted with an organic solvent (3.6 %) than the rapeseed meal (1.2 %) a content of water-soluble substances in the rapeseed meal reaches 19.2 % and in reed peat it is at a level of 3.4 %. By a content of hard hydrolysable, studied substances in the raw material differs at least. Reed peat is reach of substances of humic nature (47,1 %), a content of salt-soluble compounds is 4.9% in the rapeseed meal.

An amino acid content research shows that the whole content of amino acids in the rapeseed meal exceeds 10% of an organic matter and is much higher than in peat. It means that due to a destruction of the rapeseed meal into hydrolysates can pass a set of amino acids, among which are such important, as lysine, arginine and treanin.

A research of mineral part of given raw material showed a presence of wide spector of macro- and microelements in peat and rapeseed meal, many of them have a positive influence on growth processes and metabolism of living organisms (potassium, manganese, etc.).

**З. М. Алещенкова¹, Л. Е. Картыжова¹, С. П. Антохина¹, А. Э. Томсон²,
Т. В. Соколова², Ю. Ю. Навоша², В. С. Пехтерева², Н. Е. Сосновская²**

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ПТИЦЕФАБРИК В БИОУДОБРЕНИЕ

Разработана лабораторная установка (биореактор) ферментативной переработки куриного помета. Исследованы агрохимические и микробиологические показатели сырья разного периода хранения, оптимизированы технологические параметры и условия его ферментации. Разработана технология получения биоудобрения, включающая процесс аэробной ферментации и обогащение агрономически ценной микрофлорой.

В настоящее время разработано множество технологических приемов переработки отходов, но до сих пор эффективность их переработки, объемы утилизации, экологичность и экономичность применения конечного продукта переработки не всегда являются удовлетворительными.

Аэробная ферментативная переработка птичьего помета с помощью микробных ассоциаций позволяет получить биоудобрения, содержащие необходимые растениям NPK, микроэлементы, а также комплекс агрономически ценной микрофлоры, стимулирующей рост растений и защищающей их от болезней. Дополнительными преимуществами конечного продукта ферментации птичьего помета является то, что биоудобрения лишены патогенной микрофлоры, семян сорняков, имеют низкую дозу внесения и удобны для применения [2].

Механизм полифункционального действия биоудобрений связан с деятельностью микроорганизмов, как внесенных с биоудобрением, так и почвенных. При внесении биоудобрений в количестве 1–2 т/га на почвенно-растительный комплекс действуют не только элементы питания, но и происходит активизация почвенной микрофлоры, возрастает биогенность почвы. При этом увеличивается интенсивность минерализационных процессов и синтеза гумуса, нарастает иммобилизация углерода и азота в микробной биомассе, что обеспечивает рост плодородия и последствие биоудобрений. Биомасса почвенных микроорганизмов при внесении биоудобрений увеличивается в 1,5–3,0 раза. Изменяется качественный состав микроорганизмов в сторону увеличения доли агрономически полезных видов (продуцентов витаминов и фитогормонов, антигонистов). Биоудобрения положительно влияют на биологическую активность почв: интенсивность почвенного дыхания повышается в 2–4 раза, активность несимбиотической азотфиксации достоверно возрастает в 2–3 раза, увеличивается и нитрификационная способность почв [1, 4, 5].

Учитывая сложность и актуальность решения проблемы утилизации птичьего помета, а также масштабность негативного влияния на экологическое благополучие прилегающих к птицефабрикам земель, реализация нами данной задачи состояла из нескольких этапов и осуществлялась изначально в лабораторных условиях. Были изучены агрохимические показатели и содержание микроэлементов в образцах отходов птицефабрик с разным периодом хранения, установлена их микробиологическая активность. Была разработана схема лабораторной установки (биореактора) ферментации куриного помета (рис. 1), подобраны термоустойчивые материалы для ее изготовления, установлена ее приборная часть. В процессе разработки лабораторной установки рассчитаны и подобраны оптимальные условия ферментации ($t_{исх}$, °С; влажность; скорость вращения мешалки и т. д.) отходов, обеспечивающие сохранение их питательной ценности и оптимального уровня микробиологической активности. Отработку параметров аэробной ферментации проводили с использованием отходов разного периода хранения с целью получения эффективного комплексного биоудобрения.

Для характеристики микробного сообщества подстилочного куриного помета Смолевичской птицефабрики на основе опилок хвойных пород и отработки условий его ферментации были отобраны образцы разного периода хранения (1 месяц и 1 год).

Микробиологические исследования образцов подстилочного помета показали, что в 1 г куриного помета, хранившегося в течение года в буртах, содержится до 4,5 млрд мезо- и термофильных микроорганизмов (бактерий). Установлено, что в образцах, хранившихся в течение года на открытой площадке, наиболее активно размножаются аммонификаторы ($4,5 \cdot 10^8$ КОЕ/1 г а.с.в.), усваивающие минеральный азот ($5,2 \cdot 10^7$ КОЕ/1 г а.с.в.) и олигонитрофильные ($3,9 \cdot 10^7$ КОЕ/1 г а.с.в.) микроорганизмы (рис. 2).

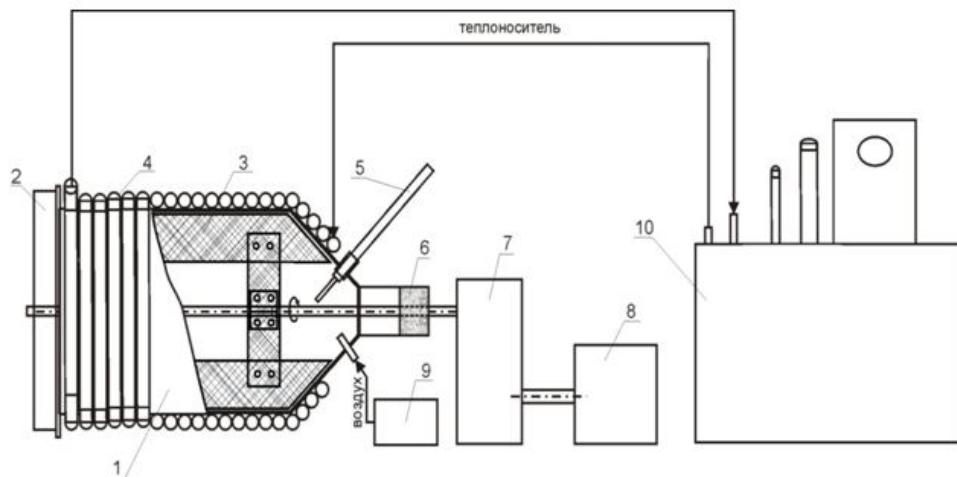


Рис. 1. Схема лабораторного биореактора: 1 – корпус реактора; 2 – загрузочное устройство с теплоизоляцией; 3 – мешалка; 4 – теплообменник; 5 – термометр; 6 – уплотнитель; 7 – редуктор; 8 – электродвигатель РД–09; 9 – микрокомпрессор; 10 – терmostat

Технические характеристики лабораторного биореактора (см. рис. 1):

Объем	5 л
Рабочий объем.....	до 2 л
Скорость перемешивания массы.....	8,5 об/мин
Производительность микрокомпрессора	
подачи воздуха	200 л/ч
Диапазон регулирования температуры	
реактора (теплоноситель–вода)	до 80 °С
Скорость выхода на рабочую температуру	до 30 °С/ч.

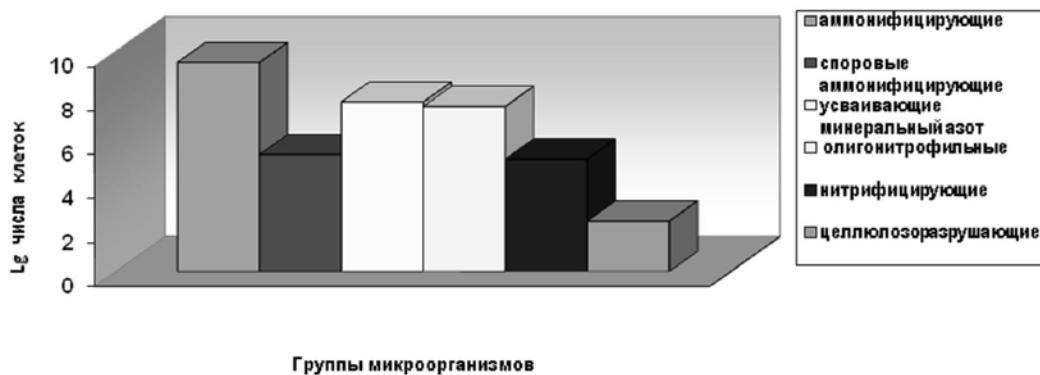


Рис. 2. Численность микроорганизмов (lg числа клеток) основных эколого-трофических групп в курином помете (1 год хранения)

Общее микробное число в образцах куриного помета, хранившегося в течение 1 месяца, составило $1,0 \text{ млрд КОЕ}/1 \text{ г а.с.в.}$. Преобладающими группами микробного ценоза образцов куриного помета, хранившегося в течение месяца, являлись активные формы аммонифицирующих микроорганизмов ($1,2 \cdot 10^8 \text{ КОЕ}/1 \text{ г а.с.в.}$), усваивающие минеральные формы азота ($5,8 \cdot 10^8 \text{ КОЕ}/1 \text{ г а.с.в.}$) и олигонитрофильные ($1,8 \cdot 10^8 \text{ КОЕ}/1 \text{ г а.с.в.}$) микроорганизмы. Количество споровых аммонифицирующих микроорганизмов составило $7,8 \cdot 10^6 \text{ КОЕ}/1 \text{ г а.с.в.}$, разрушающих

целлюлозу – $1,8 \cdot 10^4$, денитрифицирующих – $3,0 \cdot 10^2 \text{ КОЕ}/1 \text{ г а.с.в.}$

Анализ полученных данных по микробиологической активности подстилочного куриного помета разного срока хранения (1 месяц и 1 год) показал, что длительность хранения (1 год) помета и связанные с этим периодом изменения температуры и влажности оказывают влияние на общую численность микроорганизмов анализируемых образцов. Общее микробное число образцов куриного помета при хранении в течение 1 года не снижается по сравнению периодом

хранения в течение 1 месяца, а значительно возрастает (на порядок) за счет активного размножения преимущественно аммонифицирующей микрофлоры. Установлено, что численность олигонитрофильных микроорганизмов в составе микробоценоза куриного помета варьировала в зависимости от периода хранения и на момент исследований была в 4,6 раза выше в образцах, хранившихся в течение 1 месяца, чем в образцах более длительного периода хранения (1 год).

Необходимо отметить, что в образцах подстильного куриного помета (1 месяц хранения – pH 8,95; 1 год хранения – pH 8,55) грибной и нитрифицирующей микрофлоры не обнаружено. Анализ микробиологической активности образцов куриного помета разного периода хранения

показал, что наиболее обогащены микрофлорой образцы куриного помета, хранящиеся в течение 1 года в буртах на открытых площадках. Необходимо отметить, что условия и период (1 год) хранения куриного помета оказывают заметное влияние на его микробиологическую активность. В процессе длительного хранения в микробоценозе куриного помета, подверженного перепадам температуры, увлажнению зимними и летними осадками, идет перегруппировка эколого-трофических групп микроорганизмов, возрастает их общая численность.

По содержанию макро- и микроэлементов образцы практически не отличались, тогда как по влажности их различия составили 5 % (табл. 1, 2).

Таблица 1. Агрехимические показатели образцов подстильного помета

Период хранения образца	Влажность, %	Зольность, %	рН солевой вытяжки	Общие формы, % на сухое вещество		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1 год	43,6	18,3	8,55	5,75	5,52	4,08
1 месяц	38,4	16,9	8,95	6,11	5,24	3,49

Таблица 2. Содержание микроэлементов в образцах подстильного помета

Период хранения образца	Микроэлемент, мг/г					
	Zn	Cu	Ni	Cd	Pb	Mn
1 год	318,2	76,4	4,3	0,5	7,2	310,6
1 месяц	260,0	61,7	3,5	0,5	4,1	259,4

В задачи дальнейших исследований входила оптимизация теплового режима процесса ферментации куриного помета и его влажности, обеспечивающих активацию микробиологической активности и сохранение питательной ценности органического субстрата, отсутствие в нем патогенной микрофлоры и семян сорной растительности.

С целью оптимизации условий ферментации на первом этапе было изучено влияние аэрации на изменение агрехимических и микробиологических показателей ферментируемого субстрата. Для ферментации использованы исходные образцы подстильного помета разного периода хранения. Процесс ферментации проводили при температурных режимах 40 °C и 55 °C в анаэробных и аэробных условиях в течение 2, 4, 6 ч.

В табл. 3 представлены значения кислотности солевой вытяжки исходных образцов подстильного помета после ферментации в различных условиях.

Результаты показывают, что разная температура ферментации и наличие кислорода не оказывали значимого влияния на изменение кислотности конечного продукта по сравнению с исходным образцом (в течение 1 месяца хранения). В образце птичьего помета в течение 1 года хра-

нения после 6-часовой ферментации в биореакторе при температуре 40 и 55 °C подкисление субстрата идет сильнее, чем в свежем помете, хранившемся в течение 1 месяца. В данном варианте подача кислорода активизировала процесс подкисления субстрата. При температуре ферментации 40 °C кислотность была равна 7,02 (рН_{исх} 7,25), а при 55 °C – 6,81 (рН_{исх} 6,84).

Установлено, что в процессе ферментации идет незначительное снижение общего содержания элементов, не зависящее от температуры (40 °C и 55 °C) или от подачи кислорода (рис. 3).

Анализ полученных данных по содержанию микроэлементов в образцах птичьего помета до и после ферментации показал, что условия ферментации не оказывают значимого влияния на его элементный состав (табл. 2, 4).

Таблица 3. Изменение кислотности (рН) солевой вытяжки подстильного помета, хранившегося в течение 1 месяца, в процессе ферментации

Время ферментации, ч	Условия ферментации			
	без O ₂ *	с O ₂ *	без O ₂ **	с O ₂ **
6,0	8,60	8,20	8,46	8,15
4,0	8,75	8,56	8,70	8,30
2,0	8,80	8,59	8,78	8,52

*t = 40 °C. **t = 55 °C.

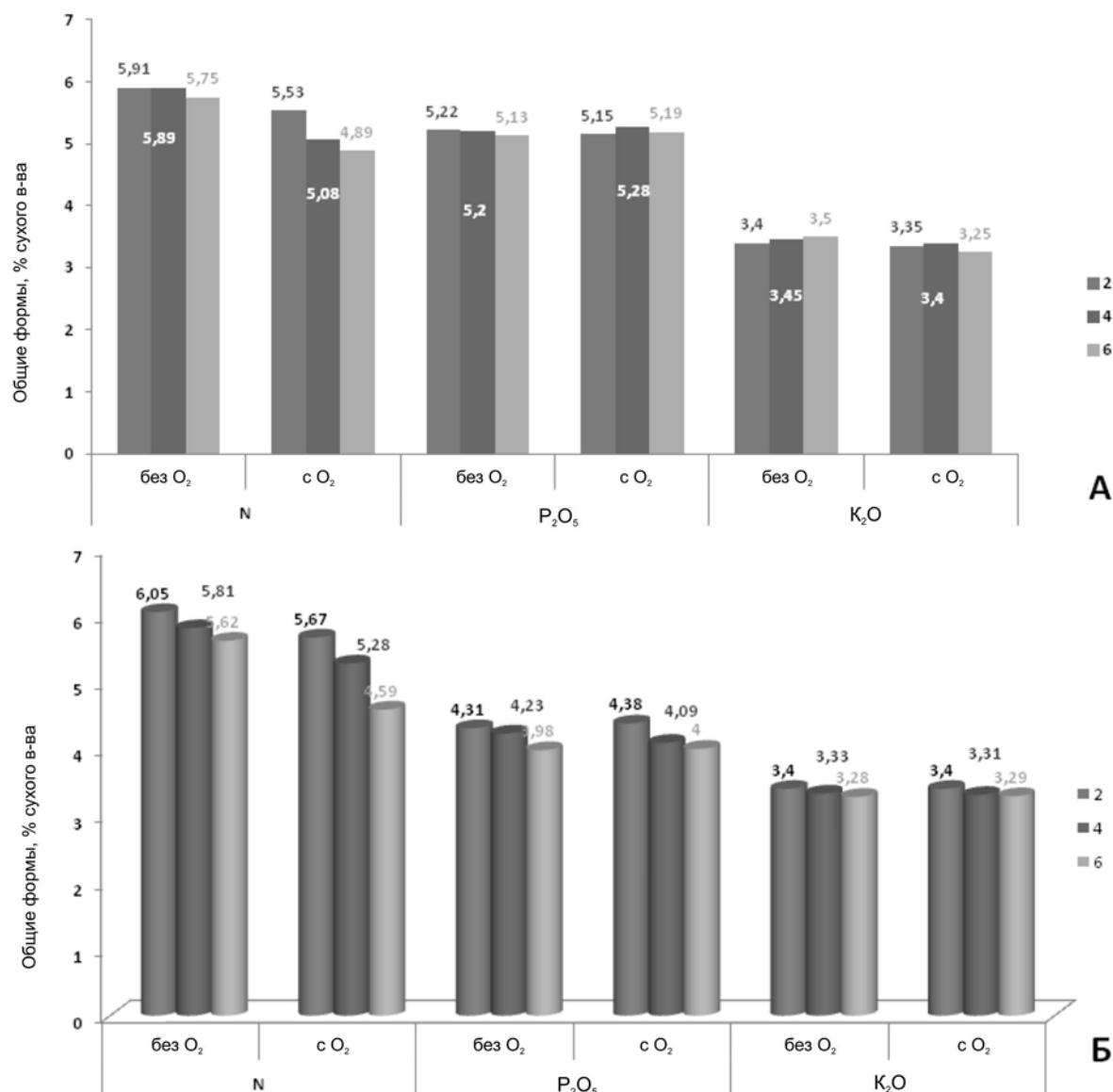


Рис. 3. Изменение агрохимических показателей подстильного куриного помета в процессе ферментации при температуре : А – 40 °С; Б – 55 °С

Таблица 4. Содержание микроэлементов в образцах подстильного помета после ферментации, мг/кг

Срок хранения проб	Время, ч	Условия ферментации											
		без O ₂						с O ₂					
		Zn	Cu	Ni	Cd	Pb	Mn	Zn	Cu	Ni	Cd	Pb	Mn
<i>t = 40 °C</i>													
1 год	6	259,7	60,4	4,5	0,44	4,3	253,8	259,1	75,7	4,2	0,44	5,7	257,8
	4	317,3	75,4	4,4	0,55	7,3	315,2	316,9	76,1	4,9	0,43	6,9	314,9
	2	319,1	76,8	4,9	0,45	7,9	316,3	318,4	75,8	4,1	0,40	6,5	315,8
1 месяц	6	318,7	77,1	4,1	0,42	7,0	318,8	317,9	76,3	4,5	0,49	6,1	315,5
	4	254,5	62,9	3,9	0,45	4,8	251,2	259,1	74,8	4,0	0,42	5,9	252,8
	2	255,8	62,1	4,0	0,43	4,5	255,3	257,3	74,5	3,9	0,45	5,3	255,6
<i>t = 55 °C</i>													
1 год	6	317,4	75,1	4,1	0,52	7,4	315,2	317,9	75,1	4,2	0,51	7,8	316,4
	4	316,9	75,3	4,5	0,50	7,5	316,1	316,5	75,9	4,1	0,49	7,6	316,1
	2	317,9	74,9	4,0	0,59	6,9	315,9	317,1	76,1	4,7	0,43	7,5	314,1
1 месяц	6	259,0	61,8	3,8	0,41	4,2	251,9	258,4	62,7	4,0	0,41	4,5	315,9
	4	258,4	62,0	3,6	0,42	4,0	253,4	258,9	62,5	4,2	0,39	4,8	316,0
	2	257,9	61,1	4,1	0,39	4,5	259,1	257,9	63,1	4,3	0,42	4,7	316,9

С целью дальнейшей оптимизации процесса ферментации изучали влияние начальной влажности подстилочного помета на нарастание температуры процесса переработки подстилочного помета, а также на изменение влажности субстрата в течение всего периода ферментации (0–48 ч).

При изучении влияния начальной влажности на период разогрева ферментируемого субстрата использовали отработанные параметры технологического процесса, которые обеспечивали оптимальный уровень протекания микробиологических процессов: объем загрузки – 20 %; объем подаваемого воздуха – 0,006 м³/1 кг ферментируемого субстрата; температурный режим – 70 °С; период ферментации – 48 ч.

Изменение температуры разогрева в зависимости от времени и начальной влажности помета представлено на рис. 4.

Установлено, что скорость нарастания температуры разогрева находится в обратной зависимости от начальной влажности, что было учтено при выборе режима непрерывной работы ферментера. Так, в условиях лабораторного опыта при изменении начальной влажности помета от 40 до 60 % разогрев субстрата достигается за 2,5–3,5 ч, т. е. время разогрева увеличивается на 40 %.

Изменение влажности подстилочного помета в процессе ферментации от начального ее значения в течение 48 ч ферментации представлено на рис. 5.

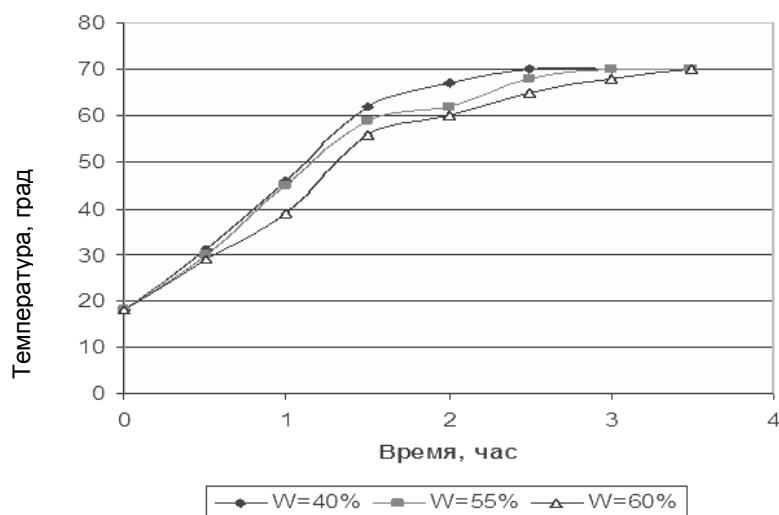


Рис. 4. Изменение температуры в процессе ферментации органического субстрата при различной исходной влажности

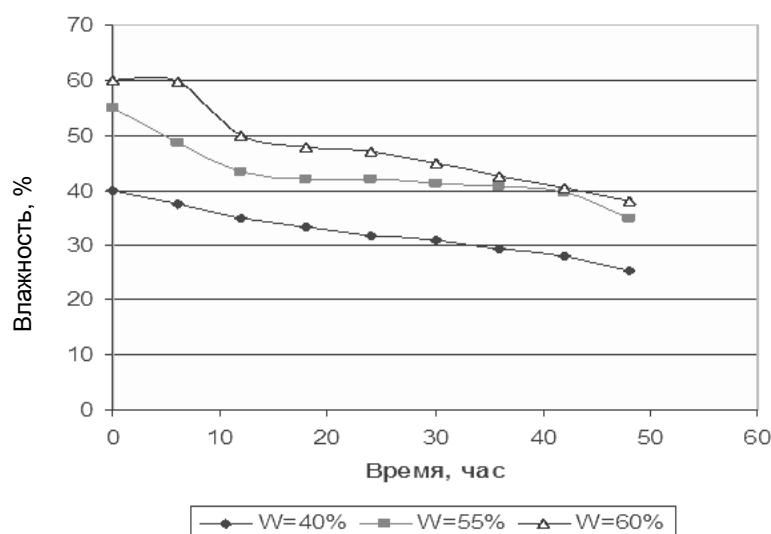


Рис. 5. Изменение влажности органического субстрата в процессе аэробной ферментации

Установлено, что влажность конечного продукта зависит от начальной влажности субстрата. При увеличении начальной влажности от 40 до 60 % конечная влажность продукта изменяется от 25 до 38 %.

В результате проведенных исследований подобраны оптимальные условия ферментации (температура, исходная влажность подстильного помета, время и т. д.), при которых сохраняется питательная ценность конечного продукта ферментации и микробиологическая активность ферментируемого субстрата.

Агрохимические показатели лабораторных образцов конечного продукта ферментации подстильного помета и их элементный состав представлены в табл. 5, 6.

Микробиологический анализ конечного продукта ферментации при разных температурных режимах (40°C и 55°C) в течение 2 и 4 ч показал, что численность микроорганизмов всех исследуемых групп микроорганизмов снижается в пределах одного–двух порядков по отношению к исходной. Необходимо отметить наиболее значительное снижение численности аммонифицирующих микроорганизмов.

В процессе ферментации на фоне всех исследуемых факторов их количество снижалось с $1,2 \cdot 10^{10}$ КОЕ/г до $0,8 \cdot 10^7$ КОЕ/г (табл. 7), что свидетельствует о снижении процессов минерализации органического вещества и количества выделяемого аммиака. Число споровых аммонификаторов осталось практически на уровне исходного образца.

Таблица 5. Агрохимические показатели конечного продукта ферментации подстильного помета при рН 8,5, %

Азот			P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃
общий	нитратный	аммиачный					
4,5	3,8	0,7	6,2	5,6	1,2	2,8	0,9

Таблица 6. Элементный состав конечного продукта ферментации подстильного помета, %

Исходная влажность, %	Время, ч	Элементный состав, %			
		N	C	S	H
40	48	4,5	36,1	1,0	4,5
55	24	3,7	36,2	0,9	4,3
55	48	3,8	36,4	0,9	4,7
60	48	4,6	36,8	0,8	4,5

Таблица 7. Численность микроорганизмов основных эколого-трофических групп конечного продукта ферментации, КОЕ/г

Основные эколого-трофические группы микроорганизмов	Исходный образец*	Условия ферментации			
		без O ₂ **	с O ₂ **	без O ₂ ***	с O ₂ ***
Аммонифицирующие	$1,2 \pm 0,05 \cdot 10^{10}$	$9,7 \pm 0,15 \cdot 10^7$	$1,1 \pm 0,04 \cdot 10^7$	$2,4 \pm 0,06 \cdot 10^7$	$0,8 \pm 0,04 \cdot 10^7$
Споровые аммонифицирующие	$7,8 \pm 0,12 \cdot 10^6$	$0,9 \pm 0,03 \cdot 10^6$	$0,6 \pm 0,02 \cdot 10^6$	$1,2 \pm 0,05 \cdot 10^6$	$0,7 \pm 0,02 \cdot 10^6$
Усваивающие минеральные формы азота	$5,8 \pm 0,1 \cdot 10^8$	$1,2 \pm 0,05 \cdot 10^7$	$0,6 \pm 0,05 \cdot 10^7$	$1,6 \pm 0,06 \cdot 10^7$	$0,5 \pm 0,02 \cdot 10^7$
Олигонитрофильные	$1,8 \pm 0,04 \cdot 10^8$	—	—	—	—
Целлюлозоразрушающие	$1,8 \pm 0,06 \cdot 10^4$	$0,6 \pm 0,02 \cdot 10^4$	$0,8 \pm 0,04 \cdot 10^4$	$1,0 \pm 0,07 \cdot 10^4$	$1,6 \pm 0,06 \cdot 10^4$
Микромицеты	$1,0 \pm 0,03 \cdot 10^4$	$0,6 \pm 0,03 \cdot 10^4$	$0,8 \pm 0,05 \cdot 10^4$	—	—
Денитрифицирующие	$3,0 \pm 0,05 \cdot 10^2$	$5,0 \pm 0,09 \cdot 10^4$	$1,5 \pm 0,05 \cdot 10^3$	$2,0 \pm 0,05 \cdot 10^3$	$1,6 \pm 0,05 \cdot 10^3$

* $t = 25^{\circ}\text{C}$. ** $t = 40^{\circ}\text{C}$. *** $t = 55^{\circ}\text{C}$.

Установлено, что в микробном ценозе конечного продукта при температуре ферментации 40°C , с аэрацией и без нее, количество денитрифицирующих микроорганизмов увеличивается на два порядка, что свидетельствует об активности процессов денитрификации и потери азота. Менее интенсивно этот процесс протекает при температуре 55°C , что обеспечивает накопление в конечном продукте большего количества азота. При темпе-

ратуре ферментации 55°C не обнаружены микромицеты, что свидетельствует о том, что в оптимизированных условиях ферментации грибная микрофлора, в составе которой, как правило, много патогенных объектов, не активизируется.

На рис. 6 на стадии дозревания через 2 ч после окончания процесса ферментации отмечается снижение микробиологической активности, общая численность основных эколого-

трофических групп микроорганизмов уменьшается на три порядка. Необходимо также отметить, что в образцах конечного продукта (после остановки процесса ферментации) на стадии дозре-

вания не зафиксирована группа олигонитрофильных микроорганизмов, в состав которой входят агрономически ценные азотфикссирующие микроорганизмы.

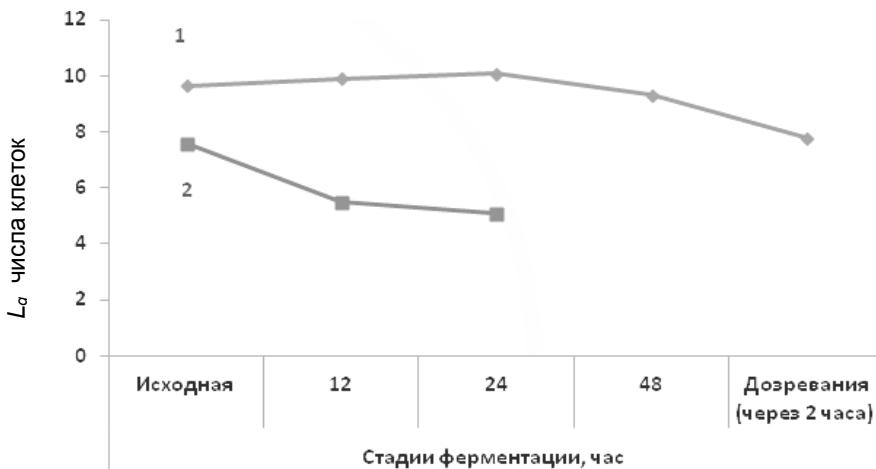


Рис. 6. Динамика численности микроорганизмов в процессе ферментации:
1 – общее микробное число (ОМЧ); 2 – численность олигонитрофильных микроорганизмов

Оптимальным способом восстановления баланса эколого-трофических групп микроорганизмов органического субстрата, полученного в результате 48- часовой аэробной ферментации, является обогащение его агрономически ценной микрофлорой. В качестве интродуцента на органический субстрат был отобран эффективный ассоциативный диазотроф (штамма *Brevibacillus* sp. 11-А), активно фиксирующий атмосферный азот. В связи с этим был проведен отбор оптимального периода ферментации птичьего помета, обеспечивающего выживаемость и активное размножение клеток штамма, интродуцируемого на ферментируемый субстрат на всех этапах ферментации [3]. Установлено, что оптимальным этапом иммобилизации азотфикссирующего штамма является стадия дозревания конечного продукта (через 2 ч после остановки процесса ферментации).

Анализ микробиологической активности образцов конечного продукта ферментации с иммобилизованными клетками ассоциативного диазотрофа в модельных условиях эксперимента (при температуре 55 °С, с аэрацией (соотношение O₂ к твердой фазе составило 10 : 1) показал, что интродуцируемая на конечный продукт культура сохраняет азотфикссирующую способность и группа олигонитрофильных микроорганизмов в

составе микробоценоза соответствует исходному количеству.

В связи с проведенными агрохимическими и микробиологическими исследованиями исходных образцов и образцов органического субстрата на всех стадиях ферментации в диапазоне разных температур, с подачей воздуха и без, оптимизированы условия ферментации, обеспечивающие сохранение питательной ценности конечного продукта и полезной микрофлоры.

Эффективность биоудобрения установлена в результате регистрационных испытаний в течение 2 лет. РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларусь» в полевых условиях в ГП «Экспериментальная база имени Суворова» Узденского района на дерново-подзолистой почве при возделывании пропашных культур установлено, что применение биоудобрения в количестве 2 т/га обеспечивает прибавку урожая картофеля на 33 %, сахарной свеклы – на 17, зеленой массы кукурузы – на 52 %, способствуя увеличению крахмалистости, сахаристости, сбору сырого белка соответственно.

Осуществление всех этапов научных исследований позволило получить эффективное полифункциональное биоудобрение с комплексом хозяйствственно полезных микроорганизмов.

Литература

1. Архипченко, И. А. Возможные направления использования биоудобрений в биологическом земледелии и для улучшения окружающей среды / А. И. Архипченко // Научные основы и практические рекомендации по использованию биоудобрений из отходов животноводства для биологического земледелия. – СПб., 2005. – С. 40–42.

2. Архипченко, И. А. Полифункциональные биоудобрения из отходов животноводства / А. И. Архипченко // Научные основы и практические рекомендации по использованию биоудобрений из отходов животноводства для биологического земледелия ; под ред. И. А. Архипченко. – СПб., 2005. – С. 3–8.
3. Отбор наиболее оптимального этапа ферментации куриного помета для микробного обогащения / Л. Е. Картыжова [и др.] // Проблемы оценки, мониторинга и сохранения биоразнообразия : сб. материалов регион. науч.-практ. конф. – Брест : БрГУ имени А. С. Пушкина, 2016. – С. 232–235.
4. Попова, Ж. П. Биоудобрения из отходов животноводства и птицеводства как средство для активизации почвенного микробоценоза и подавления фитопатогенной микрофлоры / Ж. П. Попова // Научные основы и практические рекомендации по использованию биоудобрений из отходов животноводства для биологического земледелия ; под ред. И. А. Архипченко. – СПб., 2005. – С. 14–17.
5. Шибаева, М. Е. Использование микробных инокулюмов для направленного регулирования качества биокомпостов / М. Е. Шибаева // Научные основы и практические рекомендации по использованию биоудобрений из отходов животноводства для биологического земледелия ; под ред. И. А. Архипченко. – СПб., 2005. – С. 22–26.

¹Институт микробиологии НАН Беларуси,

²Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 22.03.2016 г.

**3. М. Алещенкова, Л. Е. Картыжова, С. П. Антохина, А. Э. Томсон,
Т. В. Соколова, Ю. Ю. Навоша, В. С. Пехтерева, Н. Е. Сосновская**

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ПТИЦЕФАБРИК В БИОУДОБРЕНИЕ

Статья имеет экологическое направление и представляет собой способ решения вопроса об утилизации складируемых отходов птицефабрик в Республике Беларусь. Разработка биотехнологий, основанных на привлечении биологических объектов (агрономически ценных штаммов микроорганизмов) для решения поставленных задач позволит сделать производство безотходным. Полученное в результате исследований биоудобрение и его применение обеспечит повышение продуктивности сельскохозяйственных культур и будет экономически выгодным для сельхозпроизводителей.

Результаты исследований показали, что складируемые в течение от 1 месяца до 1 года отходы птицефабрик по агрохимическим и микробиологическим показателям могут быть использованы для создания эффективного биоудобрения, полученного посредством аэробной ферментации на разработанной лабораторной установке. Разработка биоудобрения поможет решению экологических вопросов, связанных с загрязнением окружающей среды при складировании отходов птицефабрик.

**Z. M. Aleshchenkova, L. E. Kartyzhova, S. P. Antokhina, A. E. Thomson,
T. V. Sokolova, Yu. Yu. Navosha, V. S. Pekhtereva, N. E. Sosnovskaya**

ENZYMATIC PROCESSING OF POULTRY FARMS WASTE IN BIOFERTILIZER

The article has an ecological direction and represents a way of solution of a problem of utilization of the stored waste of poultry farms in the Republic of Belarus. Development of biotechnologies based on attraction of biological objects (agronomical valuable strains of microorganisms) for the solution of objectives will make waste-free production. The biofertilizer received as a result of researches and its application will provide increase of efficiency of crops and will be cost-effective for agricultural producers.

Results of researches showed that the waste of poultry farms stored during from 1 month to 1 year on agrochemical and microbiological indicators can be used for receiving the effective biofertilizer received by aerobic fermentation on the developed laboratory installation. The development of biofertilizer will resolve the environmental issues connected with environmental pollution with warehousing waste of poultry farms.

УДК 628.381.1;658.567.5

А. Н. Лицкевич, М. В. Гулькович, О. А. Черничко

СПОСОБЫ СТАБИЛИЗАЦИИ И ДЕТОКСИКАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Описаны результаты экспериментов по стабилизации осадка производственных сточных вод ОАО «Щучинский МСЗ» (анаэробного сбраживания и аэробной минерализации) в лабораторных условиях; предложен способ биотермической обработки осадка с использованием отхода свеклосахарного производства (дефеката) в качестве наполнителя, что позволит обеззаразить осадок и использовать полученную смесь в качестве удобрения.

Осадки производственных сточных вод (ОПСВ) являются источником органоминеральных веществ с широким спектром питательных элементов, благодаря чему могут быть использованы в сельскохозяйственной практике. Однако ОПСВ, прежде чем их использовать в качестве удобрений, нуждаются в специальной обработке, которая заключается в стабилизации и обеззараживании.

ОПСВ ОАО «Щучинский МСЗ» характеризуется высоким содержанием органического вещества (80,33 %). Основными компонентами органической части ОПСВ являются белково-, жиро- и углеводоподобные вещества; при этом значительную долю составляют белки [3]. Большое содержание органических веществ обуславливает способность осадка быстро загнивать. Поэтому основными задачами обработки ОПСВ являются его стабилизация и получение безопасного в санитарном отношении продукта [4].

Стабилизация ОПСВ используется для разрушения биологически разлагаемой части органического вещества, что предотвращает их загнивание. Стабилизация ОПСВ может осуществляться в анаэробных (анаэробное сбраживание) и аэробных (аэробная минерализация) условиях.

Процесс анаэробного сбраживания сопровождается выделением биогаза, который состоит в основном из CH_4 (от 60 до 65 % по объему) и из CO_2 (от 35 до 40 % по объему) [7].

Анаэробное сбраживание является одной из самых сильных биотехнологий с точки зрения разлагающей способности и позволяет удалять значительные количества органических веществ. Распад органических веществ протекает в двух стадиях: кислой и щелочной. Вначале распадаются жиры, затем клетчатка. При этом на первой стадии выделяются жирные кислоты, которые затем нейтрализуются щелочными продуктами, образующимися во второй фазе. Существует и другая точка зрения, которая характеризует распад органических веществ осадков действием двух групп

микроорганизмов: первая группа разлагает органические вещества до образования кислот жирного ряда, вторая группа разлагает эти кислоты с выделением газов метана и углекислоты [1].

Для проведения исследований сбраживания ОПСВ ОАО «Щучинский МСЗ» в анаэробных условиях использовалась лабораторная установка, состоящая из герметичной емкости из полимерного органического материала объемом 10 дм³, помещенной в термостат (рис. 1). Сбраживание проводили в мезофильном температурном режиме. В термостате поддерживали постоянную температуру +36...+38 °C. В емкость вмонтировано перемешивающее устройство. Сбраживался осадок ОАО «Щучинский маслосырзавод», к которому в качестве затравки был добавлен сброженный осадок КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод» влажностью 98,16 % (0,5 дм³). За основные технологические показатели процесса приняты распад органического вещества, рост зольности, выделение биогаза.

Длительность процесса составляла 10–11 сут.; pH сбраживаемой смеси раствором едкого натра доводили до 6,80...6,85. Определяли исходные параметры осадка при загрузке реактора (химическое потребление кислорода (ХПК), влажность, зольность), отбор проб производили и в конце эксперимента, когда определяли те же показатели.

В табл. 1 представлены экспериментальные данные по изменению технологических показателей процесса анаэробного сбраживания ОПСВ ОАО «Щучинский МСЗ».

Наблюдалось незначительное снижение ХПК с 118 800 и 65 825 мг/дм³ до 110 209 и 62 990 мг/дм³ соответственно. В первом эксперименте выделилось 6,3 дм³ биогаза, во втором – 9,3 дм³.

Полученный биогаз был исследован в УО «Белорусский государственный технологический университет» на содержание метана (CH_4). Было установлено его высокое содержание (96,78 об.%).

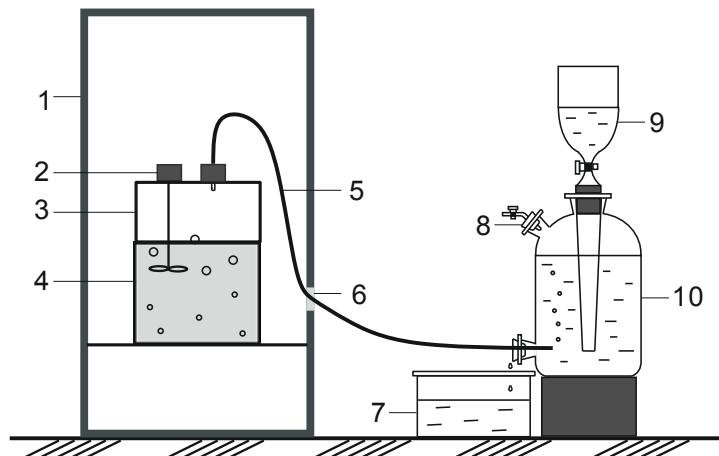


Рис. 1. Схема лабораторной установки анаэробного сбраживания ОПСВ:
1 – термостат; 2 – перемешивающее устройство; 3 – реактор; 4 – сбраживаемая жидкость;
5 – газопровод; 6 – заглушка термостата; 7 – емкость сбора вытесненной жидкости;
8 – газовыпускное отверстие; 9 – вода для вытеснения газа; 10 – газометр

Таблица 1. Технологические показатели процесса анаэробного сбраживания ОПСВ АО «Щучинский МСЗ»

Показатель	8 дм ³ ОПСВ + 0,5 дм ³ сброшенного осадка		7 дм ³ ОПСВ + 0,5 дм ³ сброшенного осадка	
	Исходная смесь	10-е сутки	Исходная смесь	11-е сутки
Содержание органического вещества, %	88,30	85,40	78,03	68,65
Зольность, %	11,70	14,60	21,97	31,35
Распад органического вещества, %	–	3,30	–	12,02
Влажность, %	91,64	93,07	94,97	96,47
Концентрация сухого вещества, %	8,36	6,93	5,03	3,53
pH	6,85	5,70	6,80	5,67
ХПК, мг/дм ³	118 800	110 209	65 825	62 990

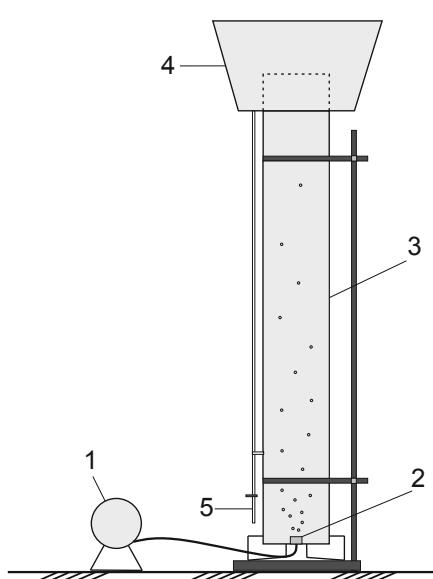


Рис. 2. Схема лабораторной экспериментальной установки аэробной минерализации ОПСВ:
1 – компрессор; 2 – аэратор; 3 – колонка;
4 – пеноуловитель; 5 – пробоотборник

В ходе аэробной минерализации органическое вещество осадков окисляется микроорганизмами, для которых оно является питательным субстратом. Также происходит биологическое окисление запасов питательных веществ микроорганизмов в присутствии растворенного кислорода. Органические вещества самоокисляются или потребляются при эндогенном дыхании микроорганизмов на завершающей стадии их жизнедеятельности, при этом органическая часть осадков распадается до 50 %, в основном в результате минерализации липидов и белков [6].

Лабораторная установка для проведения исследований аэробной минерализации (рис. 2) представляет собой цилиндрическую колонку диаметром 0,1 м, высотой – 1 м, куда подавали ОПСВ. Снизу к колонке подводили сжатый воздух. Расход воздуха составил 0,05 м³/ч.

За основные технологические показатели процесса приняты: распад органического вещества, рост зольности, кинетика потребления кислорода. Длительность процесса составила 8 сут. Определяли исходные параметры осадка, снижали кинетику потребления кислорода для аэробного биохимического окисления под дей-

ствием микроорганизмов и разложения нестойких органических соединений, содержащихся в исследуемом субстрате.

На различных стадиях минерализации из колонки отбирали пробу осадка, насыщенную кислородом воздуха, в ней при помощи кислородомера АЖА-101М фиксировали изменение концентрации кислорода во времени.

По полученным данным строили кривые снижения концентрации растворенного кислорода в осадке во времени, отражающие кинетику потребления кислорода биоценозом осадка. По снижению скорости потребления косвенно можно судить о степени окисления органического вещества осадка на различных стадиях аэробной ми-

нерализации, а, следовательно, о показателе биохимического потребления кислорода (БПК).

Оптимальной считается такая продолжительность процесса минерализации, при которой достигается максимальный распад легкоокисляемого органического вещества и значительно снижается БПК.

В табл. 2 представлены экспериментальные данные по изменению технологических показателей процесса аэробной минерализации ОПСВ ОАО «Щучинский МСЗ».

На рис. 3 представлены диаграммы, характеризующие изменение содержания растворенного кислорода в изолированной пробе при аэробной минерализации ОПСВ ОАО «Щучинский МСЗ».

Таблица 2. Технологические показатели процесса аэробной минерализации ОПСВ ОАО «Щучинский МСЗ»

Показатель	Исходный осадок	4-е сутки	5-е сутки	8-е сутки
Содержание органического вещества в смеси, %	78,03	76,91	–	75,60
Зольность осадка, %	21,97	23,09	–	24,40
Распад органического вещества, %	–	1,44	–	3,11
Влажность смеси, %	95,77	95,83	–	96,51
Концентрация сухого вещества, %	4,23	4,17	–	3,49
pH	5,37	5,42	7,29	8,77
ХПК mgO_2/dm^3	66 375	65 786	48 556	39 158
Концентрация растворенного кислорода в жидкой среде стабилизатора, mg/dm^3	0	1,20	7,99	9,60

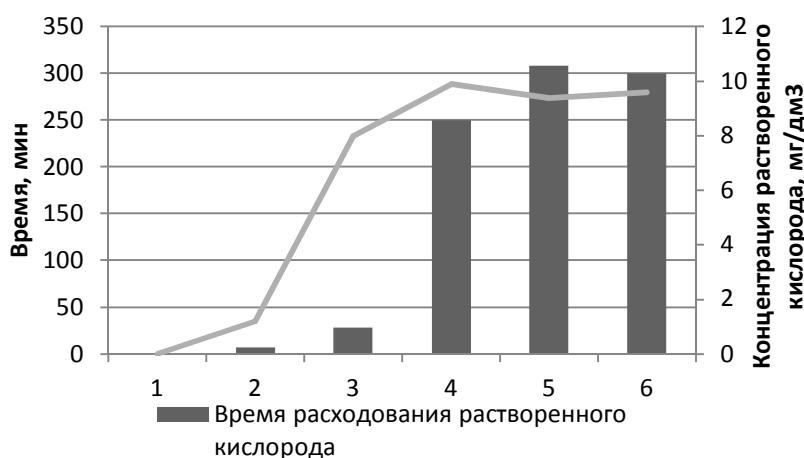


Рис. 3. Динамика изменения содержания растворенного кислорода в изолированной пробе при аэробной минерализации ОПСВ ОАО «Щучинский МСЗ»

Полученные данные указывают на то, что на 5-е сутки резко снижается потребление кислорода биоценозом стабилизируемого осадка, а на 8-е сутки – концентрация растворенного кислорода в жидкой среде стабилизатора равна $9,6 \text{ mg}/\text{dm}^3$ при температуре $+15^\circ\text{C}$, что свидетельствует о наступлении уровня эндогенного дыхания микроорганизмов, а, следовательно, об

окончании окисления экзогенного субстрата и получении незагнивающего осадка.

Биотермическая обработка ОПСВ с иными наполнителями является одним из наиболее рациональных способов обеззараживания осадков и получения удобрений на их основе.

С целью определения эффективности данного способа обеззараживания ОПСВ был

проводен эксперимент в лабораторных условиях с использованием осадка ОАО «Щучинский МСЗ» и дефеката ОАО «Скидельский сахарный комбинат» в качестве наполнителя. Применение дефеката как наполнителя, прежде всего, обусловлено содержанием в его составе углекислого кальция, как обеззараживающего компонента.

Результаты химического анализа дефеката ОАО «Скидельский сахарный комбинат» показали, что содержание органического вещества в нем составляет 19,68 %, общего азота – 0,45, подвижного фосфора и калия – 0,035 и 0,019% соответственно. Влажность данного вида отходов составляет 30,66%; pH находится в диапазоне 8,96...9,70.

Из ОПСВ и дефеката было приготовлено два образца смеси с содержанием отхода свеклосахарного производства 10 и 20 мас.% на

естественную влажность (табл. 3). Место проведения эксперимента – лабораторный термостат (температура – 67 °C); продолжительность – 11 сут.

Совместная обработка ОПСВ и дефеката привела к снижению влажности смеси 1 до 69,04 % и смеси 2 до 28,53 % и увеличению pH до 7,62 и 8,59 соответственно. Содержание органического вещества в смеси 1 уменьшилось до 38,24 % и в смеси 2 – до 25,32 %. Обе смеси характеризуются высоким содержанием N_{общ.}, P₂O₅ и K₂O.

Содержание санитарно-показательных бактерий в образцах смесей ОПСВ и дефеката до и после эксперимента отражено в табл. 4, из которой видно, что опытные образцы после биотермической обработки соответствуют гигиеническим нормативам для почв.

Таблица 3. Характеристика смесей ОПСВ ОАО «Щучинский МСЗ» и дефеката ОАО «Скидельский сахарный комбинат» до и после биотермической обработки в лабораторных условиях

Показатель	До биотермической обработки		После биотермической обработки		Нормы для удобрений на основе ОСВ [8]
	Смесь 1 (10 % дефеката)	Смесь 2 (20 % дефеката)	Смесь 1 (10 % дефеката)	Смесь 2 (20 % дефеката)	
pH	6,29	6,36	7,62	8,59	6,0–8,0
Влажность, %	93,02	91,28	69,04	28,53	≤ 70
Органическое вещество, % [10]	53,70	42,30	38,24	25,32	≥ 30
Органическое вещество, % [9]	23,05	18,97	17,55	12,06	–
N _{общ.} , %	2,48	1,73	1,28	0,78	≥ 0,6
P ₂ O ₅ , %	–	–	2,37	1,13	≥ 0,7
K ₂ O, %	–	–	0,97	0,82	≥ 0,1

Таблица 4. Санитарно-показательные бактерии в образцах смесей ОПСВ и дефеката

Образец		Смесь 1 (ОПСВ + дефекат 10%)	Смесь 2 (ОПСВ + дефекат 20%)	Гигиеническая норма для почв [2]	Норма для ОСВ [5]
Титр БГКП, г	1-й день	10 ⁻²	10 ⁻¹	≥ 1,0	0,01 (ОСВ I группы) 0,001 (ОСВ II группы)
	11-й день	> 1	> 1		
Титр энтерококков, г	1-й день	10 ⁻¹	10 ⁻¹	≥ 1,0	–
	11-й день	> 1	> 1		
Патогенные бактерии, в том числе сальмонеллы	1-й день	0	0	0	–
	11-й день	0	0		

Исходя из результатов эксперимента, можно сделать вывод, что наиболее оптимальными характеристиками будет обладать смесь с 15 %ным содержанием дефеката. Это позволит провести достаточное обеззараживание ОПСВ и получить удобрение, содержащее сбалансированный набор питательных элементов.

Таким образом, в ходе определения динамики поглощения кислорода в изолированной пробе предложен метод оценки степени минера-

лизации осадка в аэробных условиях с применением кислородомера АЖА-101М. Проведенные эксперименты по различным способам обработки ОПСВ ОАО «Щучинский МСЗ» показали, что наиболее эффективной является биотермическая обработка с использованием дефеката в качестве наполнителя. Биотермическая обработка – менее затратна, поскольку не требует использования специального дорогостоящего оборудования (аэротенки, метантенки), как в случае

аэробной или анаэробной стабилизации. Совместная переработка ОПСВ и дефеката позволит решить проблему их утилизации, а также реали-

зователь процесс обеззараживания компонентов за счет высокого содержания углекислой и едкой извести в дефекате.

Литература

1. Евилевич, А. З. Осадки сточных вод: удаление, обработка, использование / А. З. Евилевич. – М., 1965.
2. Инструкция 4.2.10-12-9–2006 «Методы санитарно-микробиологических исследований почвы» : утв. пост. гл. гос. санит. врача 29 мая 2006 г., № 67. – Минск, 2006.
3. Исследование осадков производственных сточных вод очистных сооружений ОАО «Щучинский маслосырзавод» и разработка способов их применения в качестве удобрительных компонентов : отчет о НИР (промежут.) / Нац. акад. наук Беларусь, Полесский аграрно-экологический ин-т ; рук. темы А. Н. Лицкевич. – Брест, 2016. – № ГР 20150092.
4. Канализация : учебник для вузов / С. В. Яковлев [и др.]. – 5-е изд., перераб. и доп. – М., 1975.
5. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений : ГОСТ Р 17.4.3.07–2001. – Введ. 23.01.01. – М. : Госстандарт России, 2001.
6. Прикладная экобиотехнология : учеб. пособие : в 2 т. / А. Е. Кузнецов [и др.]. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – Т. 1.
7. Технический справочник по обработке воды : в 2 т. : пер. с фр. – СПб., 2007. – Т. 2.
8. Удобрения органические на основе осадков сточных вод : ГОСТ Р 54651–2011. – Введ. 13.12.11. – М. : Стандартинформ, 2012.
9. Почвы. Методы определения органического вещества : ГОСТ 26213–91, п. 1. – Введ. 01.07.93. – М. : Издательство стандартов, 1992.
10. Почвы. Методы определения органического вещества : ГОСТ 26213–91, п. 2. – Введ. 01.07.93. – М. : Издательство стандартов, 1992.

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси

Поступила в редакцию 15.04.2016 г.

A. N. Лицкевич, M. V. Гулькович, O. A. Черничко

СПОСОБЫ СТАБИЛИЗАЦИИ И ДЕТОКСИКАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Рассмотрены результаты различных способов обработки осадка производственных сточных вод молокоперерабатывающего предприятия. Предложен метод оценки степени минерализации осадка в аэробных условиях с применением кислородомера. Установлено, что наиболее эффективной является биотермическая обработка с использованием дефеката в качестве наполнителя. Совместная переработка осадка производственных сточных вод молокоперерабатывающего предприятия и дефеката позволит решить проблему их утилизации, а также реализовать процесс обеззараживания компонентов за счет высокого содержания углекислой и едкой извести в дефекате.

A. N. Litskevich, M. V. Gulkovich, O. A. Chernichko

METHODS OF STABILIZATION AND DETOXIFICATION OF SEWAGE SEDIMENTS OF MILK PROCESSING ESTABLISHMENTS

Results of various methods of processing of the sewage sediment of a milk processing establishment are considered. A method for estimating an extent of mineralization of the sewage sediment under aerobic conditions using oxygen analyzers was proposed. It was found that the most effective treatment is biothermic using defecate as a filler. Co-processing of the sewage sediment of a milk processing plant and defecate will solve the problem of their utilization, as well as to implement the process of decontamination of components due to the high content of calcium carbonate and caustic lime in defecate.

Памяти Александра Петровича Гаврильчика (25.12.1935 г. – 10.08.2011 г.)

25 декабря 2015 года исполнилось 80 лет со дня рождения доктора технических наук, профессора Александра Петровича Гаврильчика – специалиста торфяного дела, исследователя свойств торфа и направлений его рационального использования.

А. П. Гаврильчик – один из крупнейших специалистов по торфу не только в нашей республике, но и в странах СНГ, и мира. Он являлся академиком Горной академии Республики Беларусь и академиком Международной академии наук Евразии, награжден медалью «За трудовую доблесть», почетными грамотами Верховного Совета и Совета Министров Республики Беларусь. Результаты исследований ученого опубликованы в 250 научных трудах, в том числе в трех монографиях. Новизна технических решений ученого подтверждена 35 авторскими свидетельствами на изобретение и патентами.

А. П. Гаврильчик родился в деревне Краснобережская Слобода Жлобинского района Гомельской области. Окончив среднюю школу в родных местах, в 1954 г. он поступил в Белорусский политехнический институт, выбрав без колебаний торфяной факультет, который и окончил в 1959 г. по специальности «Разработка торфяных месторождений».

Еще будучи студентом, А. П. Гаврильчик серьезно увлекся научной работой, выполняя исследования, выступал с докладами и сообщениями, принимал активное участие в работе студенческого научного общества.

После окончания института трудовую деятельность Александр Петрович начал начальником участка по добыче торфа на торфопредприятии «Смолевичское», расположенном в п. Зеленый Бор Смолевичского района Минской области. В те времена торф являлся практически единственным топливно-энергетическим ресурсом нашей республики, на нем работали все крупные теплоэлектростанции. Александр Петрович Гаврильчик внес огромный вклад в выполнение планов этой важной энергетической задачи, причем его работа отличалась новаторским подходом в решении технических и организационных вопросов. Он настойчиво внедрял в про-



изводство новое более производительное оборудование, тщательно выбирал наиболее продуктивные участки полей добычи.

Стремление совершенствовать и углублять свои знания привело Александра Петровича в 1962 г. в аспирантуру Института торфа Академии наук БССР. Руководителем диссертационной работы Гаврильчика стал большой энтузиаст новшеств в торфяной технике член-корреспондент Академии наук БССР Ф. А. Олейко. В качестве темы кандидатской диссертации были выбраны исследования по новому направлению в способах добычи торфа – щелевой экскавации залежи. Этот способ обещал обеспечивать более высокую степень использования торфяной

залежи, более равномерный растил крошки по водно-физическим характеристикам, более высокую производительность техники на операции фрезерования. В связи с наличием перерабатывающего устройства этот способ был перспективен и с точки зрения получения продукции с однородными качественными характеристиками, и для снижения зависимости от погодных условий и уменьшением пожароопасности по сравнению с фрезерным способом добычи. Путем кропотливой работы исследователя и продолжительных испытаний в производственных условиях А. П. Гаврильчик получил доказательства несомненных преимуществ этого нового способа и изложил их в своей диссертационной работе на тему «Исследование свойств торфяной залежи при разработке ее машинами со щелевой экскавацией», которую успешно защитил в 1968 г.

После окончания аспирантуры вся последующая трудовая жизнь Александра Петровича была связана с Институтом торфа и наукой: сначала он занимал инженерные должности, был научным сотрудником, а с 1977 г. по 30 сентября 2010 г. заведовал лабораторией, занимающейся решением вопросов по добыче и переработке торфа. С 1 октября 2010 г. А. П. Гаврильчик вступил в должность главного научного сотрудника Института природопользования Национальной академии наук Беларусь (правопреемник Института торфа), где и работал до конца своей жизни (до 10 августа 2011 года).

Важно отметить, что исследования по щелевой экскавации торфа, начатые при выполнении кандидатской диссертации, Александр Петрович продолжал и дальше. Было доказано положительное влияние этого способа добычи на содержание влаги в разрабатываемом слое, что существенно изменяло физико-механические и фильтрационные свойства залежи. В дальнейшей работе А. П. Гаврильчика возникла и новая тематика – изменения и физико-химические превращения торфа в процессах его добычи и хранения. Широкие разносторонние исследования большого коллектива сотрудников института под руководством Александра Петровича по этой проблеме привели к получению значительных результатов, позволивших обосновать многие приемы целенаправленной модификации торфяных систем для различных направлений использования торфа, предложить и реализовать на практике способы снижения потерь этого природного ресурса при саморазогревании и самовозгорании, новые технологии хранения торфа. Полученные результаты стали основой его докторской диссертации на тему «Регулирование свойств торфа и новые технологии при хранении и переработке», успешно защищенной в 1987 г., и монографии «Превращения торфа при добыче и переработке», изданной в 1992 г. Многие достаточно обоснованные и новаторские положения этого труда вывели ученого на роль лидера среди специалистов по эффективному использованию и освоению торфяных ресурсов в СССР. Дальнейшие научные исследования стали крепким фундаментом при оценке запасов этого уникального природного ресурса, реализации новых комплексных подходов к его освоению, переосмысливании его роли в природе и обществе. Ученым были заложены основы новых принципов в распределении торфяных месторождений по направлениям использования, которые диктовались актуальными задачами нового времени по освоению этих ресурсов.

Важнейшим направлением исследовательской работы А. П. Гаврильчика на протяжении многих лет являлась оценка изменений физико-технических свойств и химического состава торфа на всех стадиях технологических процессов его добычи и переработки. Такие оценки по количественным и качественным изменениям компонентного состава (углеводов, гуминовых веществ, битумов) для различных видов торфа в условиях антропогенно нарушенной торфяной залежи, при осушении, в процессах сушки, при хранении позволили систематизировать основные закономерности химических превращений структуры материала, на основе которых были

разработаны методы целенаправленной модификации исходного сырья. Исследователем был детально изучен метод механической активации торфяного сырья, предложены способы получения с его применением ряда препаратов различного назначения. Результаты этих исследований изложены в монографии «Трансформация свойств торфа при антропогенном воздействии» (в соавторстве с Т. Я. Кашинской).

Научная деятельность Александра Петровича тесно связана с решением задач эффективного освоения торфяных ресурсов республики. Впервые им доказана необходимость использования экологобезопасных (специальных) технологий добычи торфяного сырья для комплексной переработки. Под руководством А. П. Гаврильчика разработаны технологии получения из торфа гуминовых красителей для древесины, текстиля и кожи, преобразователей ржавчины, жидких гуминовых удобрений с микроэлементами, композиционного кускового топлива и ряда других материалов.

Александр Петрович как заведующий лабораторией Института торфа всегда много внимания уделял практическому использованию результатов работы всего коллектива своих сотрудников. Так, в 1990-х годах в Смоленском объединении по добыче торфа по инициативе и при активном участии А. П. Гаврильчика был создан цех по производству торфяного красителя, а в 2006 г. благодаря его усилиям на торфопредприятии «Зеленый Бор» Смолевичского района Минской области запущен цех по производству жидких гуминовых удобрений с микроэлементами для внекорневой подкормки сельскохозяйственных растений, который работает и в настоящее время.

В последнее время Александр Петрович Гаврильчик возглавлял исследования по оценке торфяных ресурсов Республики Беларусь, обоснованию распределения запасов торфа по целевым фондам. Начиналась и практическая работа по изучению современного состояния торфяных ресурсов во всех областях республики, что являлось первоначальным этапом создания нового нормативного документа «Схема рационального использования торфяных месторождений и охраны торфяных болот Республики Беларусь на период до 2030 года». К сожалению, лаборатория заканчивала эту большую работу уже без А. П. Гаврильчика.

Светлая память об Александре Петровиче сохранится в сердцах всех, кто знал этого замечательного человека, работал с ним, а оставленное исследователем научное наследие будет служить на благо нашей страны еще многие годы.

И. И. Лиштван, Л. С. Лис, Т. Я. Кашинская

УДК 353.97:553.973

Т. Я. Кашинская, М. А. Журко, И. В. Агейчик

ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ

В статье обобщены имеющиеся в научной литературе предложения, касающиеся использования торфа в качестве сырья для получения продукции строительного назначения. Полученные данные свидетельствуют о востребованности этого вида сырья в строительной отрасли.

Республика Беларусь располагает значительными запасами торфа. Научные исследования, проведенные по углубленному изучению состава и свойств торфа, способствовали выработке новых подходов к использованию этого природного ресурса помимо традиционных: топливного, сельскохозяйственного и природоохранного. Выявленные при этом свойства составляющих торфа, их неограниченная способность к модификации и направленным превращениям свидетельствуют о больших возможностях получения разнообразной продукции на его основе.

Торф обладает пористостью, низкой теплопроводностью, антисептическими свойствами, экологической чистотой, что делает его привлекательным для использования в строительстве [11]. К тому же в состав торфа входят различные органические и органоминеральные комплексы, при модификации которых существенно увеличиваются его вяжущие свойства и ускоряется процесс формирования структур композиционных материалов. Эта особенность торфяного сырья используется для изготовления стеновых и теплоизоляционных материалов [21]. Торф может применяться как в качестве основного материала, так и в качестве добавки. Тип торфа и его химический состав определяют направление его рационального использования в производстве строительных материалов.

Основными направлениями использования торфа в производстве строительных материалов по функциональным признакам являются: армирование матрицы (волокнистая арматура), склеивание (вяжущее), заполнение объема (заполнители для бетонов), заполнение матрицы для полимеризации и экономии базового вяжущего (наполнитель), изменение свойств различных строительных композитов (модифицирующая добавка). Торф применяется для получения кровельных, изоляционных, облицовочных материалов, как добавка в пластмассы и гидроизоляционные покрытия. В композиционных материалах торф может использоваться в качестве наполнителя с гипсовыми, магнезиальными, известковыми, цементными, битумными вяжущими, а также с различными полимерами [14].

Использование торфа в качестве эффективного теплоизоляционного материала имеет

давнюю историю. До середины 1960-х годов торфоплиты применяли в качестве термоизоляции изотермических вагонов, трубопроводов, межэтажных и чердачных перекрытий, межстеновой изоляции и др. Такие плиты изготавливали из верхового слаборазложившегося торфа, содержащего не менее 90 мас.% остатков сфагновых мхов со степенью разложения (R) от 5 до 12 % и зольностью (A°) не более 3 %.

Традиционная технология производства торфоплит базировалась на прессовании торфа с одновременной обработкой горячим паром [1]. При этом осуществлялась гидрообвязка изделия, позволяющая снизить водопоглотительную способность торфоплит в 3–5 раз за счет извлечения из торфа путем обработки горячим паром собственных вяжущих веществ битуминозного характера. В связи с тем, что, согласно строительным нормам и правилам, основным требованием, предъявляемым к материалам, получаемым на основе органического сырья, является их высокая биостойкость (они должны сопротивляться воздействию домового гриба в течение 3 месяцев при потере массы до 3 %), для повышения биостойкости теплоизоляционных плит использовали различные антисептики (соли фтористых соединений, жидкое стекло, фенолформальдегидные смолы и др.). При этом стоимость сооружений для очистки воды от антисептиков в 2 раза превышала стоимость основного производства, поэтому выпуск антисептированных торфоплит был практически прекращен.

В настоящее время сырьевые запасы верхового торфа на эксплуатируемых месторождениях в значительной мере выработаны, а имеющееся сырье находит другие достаточно широкие сферы применения (подстилочный и кипованый торф, плиты сухого прессования для закрытых грунтов, торфяные полые горшочки, сорбенты и т. д.). Кроме того, ряд месторождений, имеющих запасы верхового торфа, активно переводят в категорию охраняемых природных объектов. В связи с этим стоит задача получения качественной теплоизоляционной продукции из различного по геоботаническим характеристикам торфа. Поэтому разрабатываются торфяные композиционные составы для получения теплоизоляционных материалов.

Согласно работе [23], для повышения прочности строительных материалов на основе торфа и снижения усадочных деформаций целесообразным является введение в состав смесей армирующего компонента – продукта переработки древесины, имеющего сходство с торфом по составу и свойствам. С этой целью предлагаются фрезерный торф (влажностью 64 %) перерабатывать в шнековом диспергаторе, затем смешивать с наполнителем, в качестве которого используются древесные опилки, содержание которых варьирует в пределах от 20 до 60 %, а влажность составляет от 68 до 74 %. Далее осуществляется копровое формование образцов в пресс-формах. Установлены оптимальные соотношения компонентов и условия сушки.

В работе [12] исследованы структурообразующие и технологические принципы управления качеством стеновых и теплоизоляционных композиционных торфодревесных строительных материалов на модифицированном торфяном связующем. Для улучшения физико-механических свойств композитов использовали полимерминеральную добавку, которая получалась при смешении сополимерной эмульсии и микрокремнезема.

При производстве композиционных строительных материалов – теплоизоляционных и стеновых – с использованием торфяного сырья торфу часто отводится роль связующего. Для повышения его когезионно-адгезионных и гидрофизических (гидрофильтро-гидрофобных) свойств проводится активация. В работе [13] исследовали следующие способы активации: диспергирование в сухом состоянии, в воде при температуре 20 и 90 °C, в щелочной среде (концентрация NaOH – 5 %), в кислой среде (концентрация H₂SO₄ – 5 %). Исследования проведены на торфах разного вида и группового состава. При измельчении в воде существенно увеличиваются прочностные характеристики торfovяжущего: для низинного торфа – на 60–70 % при 20 °C и на 70–85 % при 90 °C; для верхового торфа – на 65–70 и 80–110 % соответственно. Измельчение в кислой или щелочной средах еще более увеличивает его адгезионные и прочностные характеристики (на 12–36 %) по сравнению с измельчением в водной среде. При этом наибольший структурообразующий эффект на верховой торф оказывает измельчение в кислой среде, тогда как на низинный торф – измельчение в щелочной среде.

Разработаны различные приемы гидрофобизации торфяных изоляционных плит: термическая закалка и обработка кремнийорганическими соединениями, что способствует длительной эксплуатации плит в строительных конструкциях без значительных изменений их физико-механических свойств [18].

В работе [26] поставлена и решена задача получения теплоизоляционных плит на основе торфа с R > 12 %, которая базируется на композиционном способе модификации торфа напол-

нителем (отходами дерево- и льнопереработки), а для химического модифицирования – с помощью массовых отходов целлюлозно-бумажного комбината (лигносульфонатов – ЛСТ). При получении плит сухого прессования используется фрезерный торф, добываемый на месторождениях верхового типа с R < 25 %. После сепарации торф подвергается тепловой сушке до влажности не более 25 %, затем поступает в смеситель, куда вводится добавка ЛСТ, а при необходимости – антисептики и антипирены. Смесь подается в загрузочный бункер пресса, где при давлении до 10 МПа формируются плиты размером от 150 × 150 × 35 мм (образцы для испытаний) до 1000 × 1000 × 50 мм (проектируемая продукция). Оптимальное соотношение в системе торф : наполнитель, которое обеспечивает достижение заданных показателей качества образцов продукции, варьирует от 1 : 1 до 1 : 3 (торф : опилки) и от 1 : 1 до 1,5 : 1,0 (торф : костра). При этом достигается достаточная связность, низкая степень дефектности и коробления при сушке формованных образцов продукции [24]. Проанализированы возможные схемы технологии, определяемые видом торфяного сырья и его агрегатным состоянием. Минимальное количество операций реализуется в случае использования торфа средней и высокой степени разложения (R > 20 %) при его экскавации из залежи.

В работе [1] исследована возможность применения для торфа в качестве связующего глиняной суспензии с добавками кремнефтористого натрия. Влажность исходной торфоглиномассы не превышает 75 %. При уплотнении материала вода не выделяется. Полученный материал биостоек, но его технико-экономические показатели значительно ниже показателей утеплителей такого класса. Также разработан биостойкий теплоизоляционный материал плотностью 450–500 кг/m³ с пределом прочности при сжатии 0,35–0,5 МПа на основе торфа, жидкого стекла и резольного фенолформальдегидного олигомера. За счет введения 6 % вспученного перлита и 20 % глиняной суспензии удалось снизить плотность материала до 400 кг/m³, а предел прочности при сжатии повысить до 0,6 МПа. Торфоизоляционные плиты, изготовленные из предлагаемой смеси, можно использовать для утепления кровли и промышленных зданий.

В целях решения проблемы эффективной утилизации древесных отходов торфяного производства проводили исследования по изысканию возможности изготовления из этих отходов в сочетании с верховым торфом низкой степени разложения торфодревесных изделий. Исследования показали, что плиты, полученные из смеси, включающей 30 % верхового торфа низкой степени разложения (R = 5–15 %) и 60 % измельченных древесных отходов торфяного производства, имеют наилучшие прочностные показатели. Прочность торфодревесных изделий несколько ниже прочности древесностружечных плит, но полностью отвечает требованиям ГОСТ на продукцию данного ви-

да. Использование в наружных слоях плит верхового торфа позволяет получать поверхности 8-го класса, не требующие дополнительной обработки под отделку. Изделия из торфодревесного сырья можно подвергать всем видам обработки, как и древесностружечные плиты [8].

В промышленности широко используют композиционные материалы с дисперсными наполнителями. Прибегая к механоактивации, можно получить порошки торфа, пригодные для наполнения термопластичных полимеров. Варьируя соотношением компонентов и изменяя свойства торфа с помощью механоактивации, возможно изготавливать композиционные материалы с заданными свойствами: от эластичных до жестких [17].

Предлагаются и композиционные материалы, получаемые на основе торфа с полиэтиленом [16].

Перспективным направлением в развитии технологии производства искусственного заполнителя – аглопорита – является применение торфа и отходов деревообработки в виде опилок в качестве отщающей и выгорающей добавки к сырью при производстве аглопоритового песка, щебня и гравия [4]. Испытания проведены с фрезерным торфом низинного типа, влажность которого составляла 48 %, $A^c = 12 \%$.

В качестве наполнителя для легких бетонов предлагается использовать торфогранулы [1], свойства которых отвечают требованиям к наполнителям для легких бетонов. Для снижения возгораемости и повышения биостойкости торфогранул разработан способ их обработки жидким стеклом. Способ может применяться для модификации поверхности гранул при любом связующем, в том числе и цементе. Для случаев, когда требуется высокая гидрофобность торфяных гранул, разработан другой теплоизоляционный материал – битумоторфинит, который дешевле битумокерамзита при равноценных физико-механических свойствах. Наиболее рациональная область применения битумоторфинита – теплоизоляция трубопроводов. Торфогранулы и перлит или вермикулит перемешиваются с разогретым битумом. Полученную смесь при помощи шнека непрерывно напрессовывают на трубу. Применение пресса с давлением 0,2 МПа позволяет изготавливать плиты. Гранулы торфа, затаренные в полиэтиленовые пакеты, и плиты из битумоторфинита могут быть использованы для защиты вечномерзлых грунтов [1].

С. Н. Гамаюновым [5] разработан другой способ изготовления заполнителя для легких бетонов. Суть данного способа заключается в следующем. Из торфа методом окатывания на тарельчатом грануляторе изготавливают шарообразные частицы (ядра), смачивают их поверхность супензией глинистого материала, высушивают и обжигают. В процессе высокотемпературной обработки торфяное ядро выгорает, а минеральное покрытие спекается, образуя полую гранулу заполнителя, основные характеристики

которого удовлетворяют требованиям, регламентированным ГОСТ на заполнители для легких бетонов. Они обладают сравнительно низкой насыпной плотностью, правильной формой и достаточной прочностью для изготовления на их основе конструкционных и конструкционно-теплоизоляционных материалов.

Тем же автором [5] разработана технология производства многопустотного материала – пеновака, являющегося разновидностью пенобетонов. Пеновак – легкий бетон с достаточно высокими характеристиками по водо-, паро-, газонепроницаемости и морозостойкости, которые соответствуют требованиям ГОСТ для строительных материалов. Высокая эффективность этого теплоизоляционного и стенового материала достигается за счет сочетания в его структуре крупных замкнутых шарообразных пустот, образуемых гранулами пустотелого заполнителя, и мелкопористых прослоек цементного камня. Технология производства пеновака позволяет выполнять распалубку форм и съем изделий через 24 ч твердения и гарантирует изготовление строительного материала плотностью 550–800 кг/м³ и прочностью 1,0–3,5 МПа [5]. К тому же разработанный технологический процесс позволяет при сравнительно простой переналадке оборудования получать различные виды гранулированной продукции в зависимости от спроса потребителей: коммунально-бытовое топливо и сырье для брикетирования; сорбенты и фильтры; торфоминеральные удобрения и субстраты для выращивания рассады; теплоизоляционную засыпку и заполнитель бетона.

В работе [26] выполнены систематические исследования по получению и использованию заполнителя на основе торфа для легких бетонов. Разработанные способы получения заменителя керамзитового гравия на основе торфа (торфозит) для легких бетонов защищены патентами [25, 27].

Для получения торфозита использовали различное торфяное сырье ($R = 19\text{--}25 \%$, $A^c = 4,8\text{--}18,0 \%$, влажность – 80,5 и 81,5 %) из залежи и фрезерный торф (влажность – 54 и 55 %). Исходный торф перерабатывали в шнековом механизме (при влажности 75–80 %), после чего окатывали в сферические гранулы на тарельчатом грануляторе. Упрочнение гранул без увеличения плотности достигали за счет использования химических добавок (ЛСТ), а также путем получения композиций с активным наполнителем (отходы дерево- и льнопереработки). Продолжительность сушки варьировалась от 0,5 ч до 6–8 сут. в зависимости от режима и параметров процесса. Гидрофобизацию гранул осуществляли на заключительном этапе сушки (добавкой силиконовой гидрофобизирующей жидкости ГКЖ-11, ГКЖ-10 и др.), что позволило снизить водопоглотительную способность за 1 ч от 3 до 25 раз. Максимальный эффект достигнут для образцов из осоковых видов торфа с $R = 19$ и 20 %, отобранных из залежи [26]. Выполненные исследо-

вания и анализ экспериментальных данных позволили разработать технологические схемы производства торфозита при различных способах добычи торфа. Эффективность обеспечивается за счет низкой стоимости сырья, металло- и энергоемкости и относительной простоты и доступности основного оборудования (смеситель, гранулятор, шнековый экструдер).

Применение торфозита не ограничивается получением стенового камня для малоэтажного строительства. Он может найти применения в качестве заменителя керамзитобетонной массы в «дорожках холода», образующихся при производстве панелей, в связи с повышением требований по теплозащите промышленных и гражданских объектов.

Недостатком большинства органических и минеральных дисперсных материалов, применяемых в промышленном производстве, является потеря сыпучести (слеживаемость) при хранении и транспортировке. Это особенно актуально при хранении минеральных вяжущих строительных материалов (цемент, гипс, известь) и композиционных составов на их основе (сухие строительные смеси, минеральные удобрения, огнетушащие порошки). Одним из способов предотвращения слеживаемости является обработка таких материалов изолирующими покрытиями или опудривание порошкообразными антислеживающими составами. В этом случае изолирующая защитная пленка, антислеживающий твердый или жидкий материал должен обладать высокой водоотталкивающей способностью – гидрофобностью. Однако, несмотря на широкий спектр выпускаемых промышленностью водоотталкивающих составов, в настоящее время на внутреннем рынке строительных материалов существует дефицит дешевых, простых в использовании и в то же время достаточно эффективных гидрофобизаторов.

Теоретической основой для создания гидрофобизирующей добавки на основе торфа является тот факт, что кроме характеристик нативного торфа его природная гидрофобность может снижаться или повышаться при глубокой химической переработке. Одним из методов переработки является термическое воздействие, которое приводит к изменению химического состава. При термическом воздействии на органическое вещество торфа его составные части деструктируются с образованием значительного количества гидрофобных веществ, наличие которых не фиксировалось в исходном сырье.

В Тверском техническом университете совместно с ООО «Стройстрим» был разработан способ получения органической гидрофобизирующей добавки на основе торфа. Она представляет собой тонкодисперсную фракцию модифицированного сырья со строго определенными природными характеристиками. Основные параметры физико-химической модификации (температура, влажность, давление, расход окислительного реагента и др.) зависят

от вида минерального вяжущего материала, а также от конкретных требований, предъявляемых к строительному материалу на его основе [20]. Простое механическое перемешивание органической добавки с минеральным вяжущим не позволяет формировать защитные водоотталкивающие пленки на поверхности цементных частиц, несмотря на достаточно большую гидрофобность торфа. Поэтому для получения высокого водоотталкивающего эффекта в органоминеральной торфоцементной композиции важной научной задачей является не только извлечение из органического компонента гидрофобизирующих соединений, но и нанесение их на поверхность минеральных частиц материала. В разработанном методе [20] формирование водоотталкивающих пленок предлагается осуществлять методом физической ад- и абсорбции жидких продуктов пиролиза, представленных в основном битумной фракцией на минеральных зернах цементных частиц. В то же время твердые остатки органического вещества торфа приобретают дополнительные водоотталкивающие свойства, пропитываясь наиболее «тяжелой» частью оставшихся в них битумов, при перемешивании создают дополнительные водо- и парозащитные «барьеры» в строительном материале. Согласно [20], для получения гидрофобизирующей добавки наиболее эффективно использовать верховой торф средней степени разложения. Разработанный метод можно успешно применять и для гидрофобизации других сыпучих материалов: извести, гипса, песка, глины и т. п.

В работе [14] показано, что наиболее технологичным решением получения органической гидрофобизирующей добавки на основе торфа является осуществление этого процесса без перехода к анаэробным условиям в диапазоне температур от 453 до 493 °К. В качестве исходного сырья применяли сосново-пушицевый торф с начальным содержанием экстрагируемого органическим растворителем соединений 4 %. В результате проведенных операций органические частицы приобрели свойства носителя гидрофобных свойств. Следующим этапом являлось механическое внесение органических частиц в обрабатываемый материал (портландцемент) в концентрации 0,5–3,0 % и температурная активация полученной композиционной смеси. В результате активации смолистые продукты разложения извлекались из органических частиц торфа и сорбировались в виде пленок на минеральных частицах цемента. По мнению авторов [14], разработанный метод хорошо адаптируется в технологический процесс производства гипсового вяжущего материала. Эксперименты по обжигу двуводного гипса с торфяным гидрофобизатором подтвердили это предположение. Предлагается применять торфяную антислеживающую добавку для бутадиен-нитрильных каучуков, фторопластов и минеральных удобрений.

В работе [19] представлены результаты исследований по разработке метода гидрофобизации минеральных вяжущих и строительных материалов на их основе модифицирующими добавками, выделенными из органического вещества торфа. Гидрофобно-модифицирующие добавки получали при глубокой химической переработке органического вещества верхового и низинного торфа с различной степенью разложения. Добавки вносили в минеральный материал в количестве 0,5–10,0 %, а для придания дисперсному материалу максимального гидрофобного эффекта проводили специальную операцию – активацию органо-минеральной смеси. По результатам эксперимента О. С. Мисников [19] пришел к заключению о том, что гидрофобный эффект в модифицированных цементах возрастает при повышении степени разложения исходного торфяного сырья, т. е. наибольшей гидрофобностью обладают те цементы (сухие смеси), в которые вносились модификаторы с преимущественным содержанием битумов, а также гуминовых и фульвокислот. Однако вместе с тем химическая деструкция позволяет получать гидрофобные добавки и из сырья с малым исходным содержанием упомянутых компонентов торфа. В качестве примера приводится верховой торф с $R = 10\%$, содержание битумов в котором составляет 0,6 %, а гуминовых веществ – 10 %. Сравнение кинетических закономерностей водопоглощения образцов, сформованных на основе портландцемента, показало, что при концентрации добавки 3–5 % возможно снижение количества впитываемой влаги более чем в 2 раза. Причем использование в качестве сырья для получения модификатора верхового торфа более эффективно. Это связано с большим содержанием в органическом веществе компонентов битумной природы, а также меньшей зольностью верхового торфа.

В производстве цемента по мокрому способу большое значение имеет снижение влажности шламов, что способствует увеличению производительности заводов. Известно, что каждый процент снижения влажности сырьевого шлама позволяет повысить производительность печей примерно на 1,0–1,5 % и приблизительно на столько же снизить расход топлива. Введение добавок давало возможность снизить влажность шламов при неизменной текучести. В качестве таких разжижителей предлагается использовать торфощелочной реагент (ТЩР) [2, 29].

Предложен способ производства ТЩР [2], в основе которого лежит положение о возможности образования гуматов натрия путем взаимодействия твердой гидроокиси натрия с ионообменным комплексом торфа за счет влаги последнего. Технология производства ТЩР по предложенному способу сводится к измельчению гидроокиси натрия и смешиванию с торфом определенной дисперсности.

Получены сравнительные данные химической активности ТЩР различных видов торфа

[29]. Установлено, что вид торфа практически не влияет на стабилизирующие и разжижающие свойства реагента, если степень разложения торфа примерно одинаковая и составляет 25–35 % и выше. Положительные результаты продемонстрировали все виды торфа, а также негидролизуемый остаток, отход гидролизного производства малоразложившихся верховых торфов. Все образцы ТЩР при добавках в количествах 0,01–0,10 % на сухое вещество мелового шлама показали снижение влажности последнего на 10–13 % при текучести, обеспечивающей его транспортировку. Наиболее эффективными оказались добавки 0,01–0,05% на сухое вещество. Для получения ТЩР были использованы следующие виды торфа: пушицевый, сосново-пушицевый, пушицево-сфагновый, пушицевый переходной с шейхцерией, сфагновый низинный, тростниковый, осоковый.

Одними из распространенных инженерно-строительных материалов являются вяжущие, получаемые на основе нефтепродуктов. Однако в связи с углублением переработки нефти и сокращением ее количества актуальным являются разработки, направленные на сокращение потребления нефти на эти цели.

Так, в работе А. А. Ермака и С. М. Ткачева [6] показано, что путем совместной переработки торфа, тяжелых нефтяных остатков и окисленных битумов может быть получен ряд новых вяжущих материалов, таких как битумы, мастики, изоляционные покрытия. Введение в битумные мастики в качестве наполнителя торфа позволяет: повысить их качественные показатели, в частности теплостойкость, устойчивость к старению, теплоизоляционные свойства; уменьшить на 5–30 % расход нефтяного компонента; заменить традиционно используемый при получении некоторых битумных мастик асбестовый наполнитель. В работе А. А. Ермака [7] предпринята попытка заменить часть углеводородов нефти в битумных соединениях на углеводородные соединения низинных и верховых торфов. Добавление торфа к исходному битуму приводит к повышению его термостабильности. Так, введение низинного торфа в количестве 10 % к битуму марки БДН 90/130 позволило снизить потерю массы при нагреве на 33 %, в то время как у композиции с верховым торфом – на 21 %. Кроме того, добавление низинного торфа в битум снижает его температуру размягчения, уменьшает изменение прочности и растяжимости. Такой композиционный материал обладает в 1,8 раза более высокой устойчивостью к старению (периодический прогрев и замораживание), чем исходный битум. Замена в кровельной мастике асбеста на верховой торф низкой степени разложения с волокнистой структурой повысила качественные характеристики и обеспечила соответствие всем требованиям ГОСТа, предъявляемым к кровельным материалам (мастики резинобитумные изоляционные), а некоторые характеристики (температура размягчения, водонасыща-

ние) оказались значительно выше. Однако для предотвращения биологической деструкции модификатора необходимо добавлять в смесь до 5 % антисептика NaF и до 2 % гербицида на органическое вещество вяжущего.

Э. М. Бабенко с соавторами [22] приводят похожие результаты: установлено, что на основе торфо-нефтяных композиций (ТНК) возможно производство дорожных и строительных битумов, изоляционных и композиционных материалов, мастик и т. д. Свойства вяжущих материалов на основе ТНК можно регулировать соотношением компонентов в смеси, режимов получения и введением модифицирующих добавок. В результате использования ТНК для получения вяжущих материалов удается заменить на торф до 20 % нефтепродуктов.

В другой работе [3] те же авторы приводят исследование свойств ТНК на примере тростникового низинного торфа с $R = 25\%$ и гудрона. Показано, что наиболее активными компонентами торфа при формировании ТНК являются гуминовые вещества и торфяные битумы, которые обуславливают высокую адсорбционную активность частиц торфа и участвуют в процессе маскообмена между фазами сложной дисперсной системы, оказывая существенное влияние на ее свойства. Сделан вывод, что в качестве добавок в ТНК следует выбирать торф, содержащий малое количество битумов (восков). К таковым в первую очередь относится верховой торф с низкой степенью разложения.

Создание строительных композитных материалов с улучшенными теплофизическими свойствами на основе торфа и отходов от сжижания каменных углей в виде золы и шлака позволяет решить проблемы их утилизации и получить качественно новый экологически чистый материал [15]. При этом создаются оптимальные условия твердения цементной смеси, улучшаются формообразующие свойства, снижается коэффициент теплопроводности золошлакобетона. Торф ($R = 35\%$, $A^c < 12\%$) в гранулированном виде в этом случае может быть использован как заполнитель [28]. Экспериментально установлено, что введение в золошлакоцементную смесь кускового и гранулированного торфа в объеме до 40 % (портландцемент M400 и торфогранулы 1,0 : 0,8) способствует получению материала с требуемыми теплофизическими характеристиками. Однако выявлено, что кусковой торф, вводимый в цементно-зольную матрицу, резко снижает прочность цементного камня. Применение же торфа в гранулированном виде в сочетании с гипсоизвестковой композицией в качестве защитного покрытия при соотношении компонентов 80 % : 20 % позволило резко снизить расход цемента при получении золошлакобетона, уменьшить плотность легкого бетона и обеспечить требуемые физико-механические и теплотехнические свойства строительных изделий.

Много интересных предложений различных авторов по использованию торфа в строительной

промышленности представлено в монографии В. И. Косова и А. П. Золотухина [15]. Так, приведены исследования торфа как клеящего и связующего вещества для древесных отходов. Показано, что из довольно инертного вещества торфа может быть получен активный связующий материал за счет механоактивации с последующей термообработкой тонкодисперсной гелеобразной массы. В данном эксперименте торф был измельчен мокрым способом в роторно-инерционной мельнице сверхтонкого измельчения до частиц размером 1–5 мкм. После его затвердения образуется твердый, водостойкий и негорючий монолит. Такое связующее, по мнению авторов, может быть успешно использовано в строительстве, а также при производстве бумаги, картона, фильтровальных материалов.

Для производства строительных материалов из отходов с органическим связующим предложен способ, основанный на композиции из торфяного сырья (А. с. № 833920, 1981 г.) [15]. Этот материал может найти применение при изготовлении конструкционных плит, блоков, скреплуп для теплоизоляции жилых и промышленных зданий. Состав композиции: торф – 20–60 %, полифенолгликоловый полимер – 34–65, отвердитель – 2–5, алюминиевая пудра – 2–5, вспенивающий агент – 2–5 %.

Известна смесь для изготовления древесно-торфяных строительных материалов: верховой торф ($R = 5–15\%$) – 10–25 %, древесные отходы – 20–40, бишофит – 6–25, алюмохромо-фосфат и магнезит – 1–3 %. Смесь тщательно перемешивают и формируют при температуре 150–160 °C и давлении 3–5 МПа. (А. с. № 2005108, 1993 г.) [15].

Для производства композиционных строительных материалов известна композиция (А. с. № 1244122, 1986 г.) [15], содержащая портландцемент, торф и его производные в качестве связующего, а также древесные отходы и воду при следующем соотношении ингредиентов: портландцемент – 33–38 %, древесные отходы в виде измельченной пневой древесины с торфяных месторождений – 20–25, верховой торф – 4–12, торфяная вытяжка – 1–3, вода – 22–42 %. Используют верховой торф со степенью разложения 5–10 % и влажностью 55–70 %. Вместе с волокнистыми древесными отходами его предварительно замачивают в водно-метанольном растворе с концентрацией метанола 6–10 г/л при температуре 80–100 °C в течение 2–5 мин.

Интересна экспериментальная разработка по приготовлению теплоизоляционной массы: гранулированный торф – 2–50 %, наполнитель (опилки, костра, соломенная резка) – 30–61, торфяное связующее (высокодиспергированный торф) – 18–42, вода – до относительной влажности 76–85 % [15].

В качестве вяжущего или склеивающего модификатора при изготовлении строительных материалов верховой торф используется также и в других композициях.

Известно, что верховой торф, особенно высокой степени разложения, отличается от низинного более высоким содержанием битумов. Однако А. А. Кимом [10] получено эффективное вяжущее для многокомпонентной теплоизоляционной массы не из верхового битуминозного торфа, а из низинного. Использование в качестве вяжущего диспергированного в водной среде низинного торфа позволило получить водостойкий, однородный строительный материал с низкой плотностью и с низким коэффициентом теплопроводности: древесные опилки – 61–73 %, низинный диспергированный торф – 20,5–28,5, пенообразующая и гидрофобизирующая добавка – 6,5–11,0 %. В качестве гидрофобизирующей добавки рекомендованы силансилаксановые соединения «Аквасил», в качестве пенообразующей добавки – смесь анионных и неионогенных поверхностно активных веществ или белковых добавок «Биолас».

Согласно работе [15], низинные торфа использовали ранее в качестве наполнителей в композициях с минеральными или органическими вяжущими веществами (цементом, гипсом, известью, битумом, полимерами) (А. с. № 833920, 1981 г.; А. с. № 1759813, 1992 г. и др.). Гидромеханическая активация низинного торфа инициирует его вяжущие свойства и его более высокую по сравнению с верховым торфом адгезию к поверхности древесного заполнителя при твердении композитов. Кроме того, низинный торф по сравнению с верховым обладает более низкой гигроскопичностью и водопоглощением, что сказывается на повышении влагостойкости композиций.

Торф может быть использован для получения современного перспективного строительного материала, так называемого Арболита [15] – разновидности легкого бетона. Он включает в себя отходы органического происхождения (опилки и стружку древесины, пневму и корневую древесину, костру льна, камыш, торф с низкой степенью разложения и др.), минеральное вяжущее (портландцемент или сапропель, минерализованный торф, подвергнутые предварительно механоактивации), а также другие химические модификаторы и активаторы. Арболит в зависимости от прочности на сжатие условно подразделяют на теплоизоляционный и конструкционный. Из него изготавливают стеновые панели и блоки, плиты перекрытий, тепло- и звукоизоляционные плиты и др. Их можно успешно использовать в жилищном строительстве в виде плит сборной стяжки под ламинат, линолеум и паркет.

Формованный и спрессованный торфоизоляционный материал на основе верхового мало-разложившегося торфа был впервые использован в качестве не только теплоизоляционного, но и шумопоглощающего, виброгасящего материала и одновременно сорбента вредных газов при строительстве изоляций специальных конструк-

ций и многослойных корпусов для военно-промышленного комплекса [15].

На основе низинного торфа разработан также торфогипсовый состав [10].

Кроме того, созданы следующие перспективные материалы: Торфоизол и Торфозит [23]. Торфоизол представляет собой плиты различного размера и формы из торфяного сырья и отходов различных производств, которые предназначены для использования в качестве теплоизоляционного материала в жилищном, гражданском и промышленном строительстве для изоляции стен, межэтажных и чердачных перекрытий, трубопроводов температурой до 150 °С, изоляции холодильников, при изготовлении панелей типа «сэндвич». Сырьем для Торфоизола служит верховой моховой торф низкой степени разложения. Все операции по производству таких плит полностью механизированы.

Торфозит представляет собой водостойкие сферические гранулы из модифицированного торфяного сырья или смеси торфа с отходами некоторых производств и, по мнению Н. Л. Соловьева и К. Л. Шахматова [23], может использоваться в качестве засыпного теплоизоляционного материала и заполнителя легких бетонов при изготовлении строительных изделий для малоэтажного строительства.

С. И. Антуфьевой с соавторами [15] разработан материал Геокар – одна из разновидностей теплоизоляционного материала, изготавляемого на основе торфа. Основное преимущество Геокара – возможность использования его для производства несущих конструкций (перегородок). Место производства – г. Бежецк, Брянская область, Россия.

При использовании торфа в качестве выгорающей добавки к керамике установлено, что оптимальным является добавка в количестве 5–15 % торфа с влажностью 70 %, что обеспечивает рост пористости керамики с 35 до 62 %, увеличивается объем закрытых пор, что положительно влияет на влагопоглощение и морозостойкость изделий [9]. Модификация глин одновременно торфом и мазутом для формирования пористой структуры керамических материалов вызывает увеличение пористости керамических изделий с 33 до 54 %, причем большинство пор – замкнутые, что приводит к снижению теплопроводности материала. Кроме того, использование выгорающих добавок на основе торфа и мазута обеспечивает существенное увеличение морозостойкости изделий.

Таким образом, приведенные данные свидетельствуют о большом разнообразии предложений по использованию торфа в строительной промышленности при производстве стеновых и теплоизоляционных материалов, бетонов, мастик, торфощелочных реагентов для снижения вязкости шламов при производстве цементов, где торф может выполнять роль наполнителя, армирующего и вяжущего материала, гидрофо-

бизиращей и выгорающей добавки. Однако, несмотря на то, что многие из предложенных продуктов прошли стадию мелкосерийного производства, опробованы на практике с положительными результатами и на них имеются техно-

логические регламенты и технические условия, широкого применения в промышленности стройматериалов торф и продукция, производимая на его основе, пока не находит.

Литература

1. Арбузов, А. М. Перспективы производства теплоизоляционных материалов из торфа / А. М. Арбузов, Б. И. Стофурак // Торфяная промышленность. – 1986. – № 11. – С. 23–25.
2. Белькевич, П. И. О производстве торфощелочных реагентов / П. И. Белькевич, Л. Р. Чистова, Н. В. Дубровский // Торф и его использование. – Минск, 1974. – С. 52–53.
3. Влияние торфа и его составляющих на свойства торфо-нефтяных композиций / Э. М. Бабенко [и др.] // Природопользование. – 2000. – Вып. 6. – Минск, 2000. – С. 147–149.
4. Воронова, Н. П. Инженерный расчет режима затвердения шихты при агломерации / Н. П. Воронова // Природопользование. – 2001. – Вып. 20. – Минск, 2001. – С. 123–128.
5. Гамаюнов, С. Н. Процессы структурообразования в технологии формованной продукции из торфа и сапропеля : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / С. Н. Гамаюнов. – Тверь, 1998.
6. Ермак, А. А. Битумные мастики на основе торфо-нефтяных композиций / А. А. Ермак, С. М. Ткачев // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии : тез. докл. III конф. – Гродно, 1998. – С. 62–63.
7. Ермак, А. А. Вяжущие материалы на основе торфо-нефтяных композиций : автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. А. Ермак. – Новополоцк, 1998.
8. Жирнов, А. С. Использование отходов древесины торфяных производств для изготовления торфодревесных изделий / А. С. Жирнов, В. М. Наумович // Проблемы переработки твердых горючих ископаемых : тез. докл. Республ. науч.-техн. совещ. – Минск, 1980. – С. 35.
9. Иваненко, А. М. Пористые керамические камни с использованием выгорающей добавки на основе торфа : автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. М. Иваненко. – Брест, 2003.
10. Ким, А. А. Технология переработки низинного торфа для строительства с учетом геоэкологических факторов : автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. А. Ким. – Нижний Новгород, 2005.
11. Композиционные строительные материалы на основе модифицированных торфов / А. И. Кудяков [и др.] // Инновационные аспекты добычи, переработки и применения торфа : материалы Междунар. конф., посвящ. 115-летию Нац. исслед. Томского политехн. ун-та. – Томск, 2011. – С. 13–21.
12. Копаница, Н. О. Торфодревесные теплоизоляционные строительные материалы / Н. О. Копаница, А. И. Кудяков, М. А. Ковалева. – Томск, 2009.
13. Копаница, Н. О. Влияние магнитной активации воды затворения на свойства торfovяжущего / Н. О. Копаница, В. Н. Сафонов, Ю. С. Саркисов // Инновационные аспекты добычи, переработки и применения торфа : материалы Междунар. конф., посвящ. 115-летию Нац. исслед. Томского политехн. ун-та. – Томск, 2011. – С. 162–166.
14. Копаница, Н. О. Возможность применения торфа в строительстве / Н. О. Копаница, М. А. Ковалева // Проблемы изучения и использования торфяных ресурсов Сибири : материалы Второй науч.-практ. конф. – Томск, 2014. – С. 192–194.
15. Косов, В. И. От геоэкологии до нанотехнологий. Композитные строительные и топливно-энергетические материалы из органогенных горных пород и отходов / В. И. Косов, А. П. Золотухин. – СПб., 2010.
16. Лиштван, И. И. Возможность использования торфа в качестве наполнителя полимеров / И. И. Лиштван, И. В. Семенюк // Природопользование. – 1996. – Вып. 1. – Минск, 1996. – С. 83–86.
17. Лиштван, И. И. Влияние механоактивации на изменение дисперсности и химических свойств торфа / И. И. Лиштван, И. В. Семенюк, И. Г. Железнова // Природопользование. – 1997. – Вып. 2. – Минск, 1997. – С. 3–5.
18. Мешалкин, Г. В. Исследование процесса гидрофобизации изоляционных плит : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Г. В. Мешалкин. – Калинин, 1967.
19. Мисников, О. С. Гидрофобное модифицирование строительных материалов продуктами переработки торфа / О. С. Мисников // Торф в решении проблем энергетики, сельского хозяйства и экологии : материалы Междунар. конф. – Минск, 2006. – С. 229–232.
20. Мисников, О. С. Разработка метода гидрофобной модификации строительных материалов органическими добавками на основе торфа / О. С. Мисников, Д. Ю. Белугин // Торф и бизнес. – 2007. – № 1(7). – С. 38–44.
21. Мисников, О. С. Гидрофобная модификация минеральных дисперсных материалов продуктами переработки торфа / О. С. Мисников, В. А. Иванов // Проблемы изучения и использования торфяных ресурсов Сибири : материалы Второй науч.-практ. конф. – Томск, 2014. – С. 202–206.
22. Перспективы получения вяжущих с использованием торфа / Э. М. Бабенко [и др.] // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии : тез. докл. III конф. – Гродно, 1998. – С. 63–64.
23. Соловьев, Н. Л. Исследование теплоизоляционных композиционных материалов на основе торфа / Н. Л. Соловьев, К. Л. Шахматов // Торф в решении проблем энергетики, сельского хозяйства и экологии : материалы Междунар. конф. – Минск, 2006. – С. 69–70.
24. Способ изготовления строительного материала : пат. 2040501 Рос. Федерации (1995) / В. И. Суворов [и др.]. – Бюл. № 21.

25. Способ получения легкого заполнителя из органического материала : пат. 2055056 Рос. Федерации (1996) / В. И. Суворов [и др.]. – Бюл. № 6.
26. Суворов, В. И. Научные основы формирования структуры торфа в технологиях получения продукции с заданными свойствами : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / В. И. Суворов. – Тверь, 2000.
27. Теплоизоляционная масса : пат. 2120424 Рос. Федерации (1998) / В. И. Суворов, Н. Л. Соловьев. – Бюл. № 29.
28. Хританков, В. Ф. Золошлакобетон с гранулированным торфозаполнителем : автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. Ф. Хританков. – Новосибирск, 2002.
29. Чистова, Л. Р. Использование торфощелочного реагента для снижения влажности цементных шламов / Л. Р. Чистова, Т. В. Зайцева // Состояние и перспективы комплексного использования торфа. – Минск, 1975. – С. 224–228.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 11.04.2016 г.

T. Я. Кашинская, M. A. Журко, I. V. Агейчик

**ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКЦИИ
СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ**

В статье обобщены имеющиеся в научной литературе предложения, касающиеся использования торфа в качестве сырья для получения продукции строительного назначения.

Природные качества торфа (пористость, низкая теплопроводность, антисептические свойства, экологическая чистота, способность к различным модификациям) делают его привлекательным для использования в строительстве, где его можно применять как в качестве основного материала, так и в качестве добавки. Торф служит в качестве армирующего и вяжущего материала, наполнителя и модификатора, что обуславливает множество предложений по его использованию для изготовления стеновых и теплоизоляционных материалов, кровельных mastик и заполнителей бетонов, наполнителей пластмасс, противослеживающих добавок.

Тип торфа и его химический состав определяют направления его рационального использования в производстве строительных материалов.

T. J. Kashinskaya, M. A. Zhurko, I. V. Ageichik

**OBTAINING OF BUILDING PURPOSE PRODUCTION
ON THE BASE OF PEAT RAW MATERIAL**

The paper summarizes proposals which are available in scientific literature regarding a use of peat as a raw material for the production of building purpose.

Natural peat features (porosity, low thermal conductivity, antiseptic properties, environmental friendliness, ability to various modifications) make it attractive for use in construction, which can be used both as a base material and as an additive. Peat is used as a reinforcing material and a binder material, filler and modifier, which causes a lot of suggestions on its use for a manufacture of wall and thermal insulation materials, roofing mastics and Concrete Aggregates, plastic fillers, anti-caking additives.

A peat type and its chemical composition determine directions of its rational use in building material production.

Научное издание
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Сборник научных трудов
Выпуск 29

Редактор *Н. Т. Гавриленко*
Компьютерная верстка *Т. Н. Козловская*
Переводчик *М. Ю. Козловская*

Подписано в печать 06.09.16. Формат 60×90/8. Бумага офсетная.
Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 21,74. Уч.-изд. л. 20,05.
Тираж 110 экз. Заказ № 1081

Издатель и полиграфическое исполнение
Государственное предприятие «СтройМедиаПроект».
Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/43 от 03.10.2013,
№ 2/42 от 13.02.2014.
Ул В. Хоружей, 13/61, 220123, г. Минск