



Министерство природных
ресурсов и охраны окружающей
среды Республики Беларусь

Республиканское
научно-исследовательское
унитарное предприятие
«Бел НИЦ «Экология»

Сборник статей

По материалам отраслевой
научно-практической
конференции
«Гармонизация
нормативного
регулирования
научно-обоснованных мер
экологической
безопасности и адаптации
к изменению климата в
рамках Союзного
государства»,
приуроченного ко Дню
белорусской науки



Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь
Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие
«Бел НИЦ «Экология»

СБОРНИК СТАТЕЙ

**По материалам отраслевой научно-практической конференции
«Гармонизация нормативного регулирования научно-обоснованных мер
экологической безопасности и адаптации к изменению климата в рамках
Союзного государства», приуроченного ко Дню белорусской науки**

Минск

2024

Редакционная коллегия:
Сушко С.В. (тех. редактор)
Наркевич И.П.
Ересько М.А.
Некрашевич М.А.

Авторскую обложку разработала Некрашевич М. А.

В сборнике материалов приведены статьи участников отраслевой научно-практической конференции «Гармонизация нормативного регулирования научно-обоснованных мер экологической безопасности и адаптации к изменению климата в рамках Союзного государства», приуроченного ко Дню белорусской науки (Минск, 24 января 2024г.)

Статьи предоставлены из Беларуси, России, посвящённые теоретическим и практическим аспектам исследования, использования и повышения устойчивости водных ресурсов, экологической и радиационной безопасности, почвенных ресурсов и природных ископаемых, ресурсов атмосферы в условиях изменения климата. Рассматривается совершенствования методов экологического мониторинга и деятельности по экологическому образованию и просвещению в интересах устойчивого развития.

Подготовленные по материалам научных работ статьи печатаются в авторской редакции, ответственность за содержание несут авторы. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с мнением авторов.



«Для каждого из нас бережное отношение к окружающей среде должно стать образом мышления и нормой жизни, для держав и союзов – приоритетным направлением государственной политики»

А.Г.Лукашенко

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПРОСВЕЩЕНИЕ В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Захарова О. Л.

РОЛЬ ИНФОРМИРОВАНИЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ И ОБРАЗОВАНИЯ В РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ, СВЯЗАННЫХ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА7

РАЗДЕЛ II. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Васнёва О.В., Берёзко О.А., Черевач Е.М.

ПОЭТАПНОЕ РАЗВИТИЕ БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В ЧАСТИ МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ЦЕЛЬЮ ОХРАНЫ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСГРАНИЧНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ144

Оношко М. П., Берёзко О. А., Васнёва О. В., Крошинский В. А., Бурко А. Н., Подружая М. А., Костюкевич Н. В.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ПОДВЕРЖЕННОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ХОЙНИКСКОГО РАЙОНА ПРИРОДНЫМ И АНТРОПОГЕННЫМ ФАКТОРАМ.....20

Таврыкина О.М., Луханина Н.В., Тишиков Г.М.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СООБЩЕСТВ МАКРОЗООБЕНТОСА РЕКИ ВИЛИЯ.....28

Таврыкина О.М., Ивашко Е.А., Макусь А.З., Булак И.А.

АКТУАЛИЗАЦИЯ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ ВОДОСБОРНОГО БАСЕЙНА И МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОХРАНИЛИЩА ЗЕЛЬВЯНСКОЕ36

Музыкин В. П., Рыжова В. К.

ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В БАСЕЙНАХ ПРИПЯТИ И ЗАПАДНЫЙ БУГ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ВОД.....45

Клебанович А.Н.

ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ54

РАЗДЕЛ III. ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Фурса Ю. В., Гончар К. В., Бертош Е. И., Мелех Д. В.

УСЛОВИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МЕЖДУНАРОДНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ В
СООТВЕТСТВИИ СО СТАТЬЕЙ 6 ПАРИЖСКОГО СОГЛАШЕНИЯ588

Любезная В.С., Мороз А.И.

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА
МИНСКА.....65

РАЗДЕЛ IV. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И ПРИРОДНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Клебанович Н. В., Ересько М. А.

ВОЗМОЖНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО И ЭФФЕКТИВНОГО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ
БЕЛАРУСИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ.....72

Петрова Н. С., Денисова Н. Ю., Глаз Н. В., Шестаков К. В.

ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОГНОЗНО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
НА КАЛИЙНЫЕ СОЛИ.....79

Петрова Н. С., Денисова Н. Ю.

РОЛЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ В ОТКРЫТИИ СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ И РАЗВИТИИ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ КАЛИЙНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....88

Пискун О. А., Толкачикова А. А., Гуринович М. П., Криволап О. И.

ПЕРСПЕКТИВЫ РУДОНОСНОСТИ МЕТАСОМАТИТОВ УЧАСТКА «ШНИПКИ»
КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ЗАПАДА БЕЛАРУСИ94

Захария И. Р., Силуянов В. Н., Асвинов Р. В.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫМ РАБОТАМ В СВЕТЕ ГЛУБИННОЙ КОНЦЕПЦИИ
ПРОИСХОЖДЕНИЯ НЕФТИ102

РАЗДЕЛ V. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ112

Чупрова Ю. Н.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ И РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ И ПРОГРАММ СОЮЗНОГО
ГОСУДАРСТВА В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ **Ошибка! Закладка не
определена.**12

Ботян Е. А.

ТРАНСТРАНИЧНАЯ ПЕРЕВОЗКА ОПАСНЫХ ОТХОДОВ В РАМКАХ БАЗЕЛЬСКОЙ КОНВЕНЦИИ
.....12020

Кулевская Н. А.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ОБЗОР МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБРАЩЕНИЮ С НИМИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	128
---	-----

РАЗДЕЛ VI. РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Иванцов Д. Н.

МОЩНОСТЬ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ПТИЦ, ОБИТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛЕССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА.....	134
---	-----

Юрченко И.С.

ГОСТАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ГЕЛЬМИНТОФАУНЫ ДИКИХ ЖИВОТНЫХ В ЗОНЕ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС	143
--	-----

Воронецкая А.Н.

ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ЛЕКАРСТВЕННЫМИ РАСТЕНИЯМИ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС	150
---	-----

Головешкин В.В.

ПРОБЛЕМА МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС	157
--	-----

Надина Н.Г.

ДИНАМИКА ЗАРАЖЕННОСТИ ГЕЛЬМИНТАМИ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ РЫБ НА ТЕРРИТОРИИ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ	166
--	-----

Ненашев Р.А., Белаш В.Е.

ВЛИЯНИЕ ЛАНДШАФТНЫХ И ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА РАДИАЦИОННУЮ ОБСТАНОВКУ В БЕЛОРУССКОМ СЕКТОРЕ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС.....	174
--	-----

РАЗДЕЛ I. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПРОСВЕЩЕНИЕ В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

УДК 504.05

ЗАХАРОВА ОЛЬГА ЛЕОНИДОВНА,

старший научный сотрудник отдела международного научного сотрудничества и климата
Республиканского научно-исследовательского унитарного предприятия
«Бел НИЦ «Экология», Минск, Беларусь

РОЛЬ ИНФОРМИРОВАНИЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ И ОБРАЗОВАНИЯ В РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ, СВЯЗАННЫХ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА

В статье рассматриваются экологическое воспитание и образование, информирование заинтересованных, включая широкие круги общественности, по экологическим вопросам, в частности связанным с изменением климата, как основа для достижения климатических целей с применением новейших технических достижений по сбору, анализу и распространению экологической информации в условиях всеобщей диджитализации.

Ключевые слова: Рамочная конвенция ООН об изменении климата; Парижское соглашение; Союзное государство; экологическое воспитание; экологическое образование; информирование; диджитализация

Экологическое образование, воспитание и повышение осведомленности в области охраны окружающей среды, включая климатические вопросы, играют решающую роль в формировании экологически грамотной личности. Сегодняшние студенты и школьники — это завтра лица, принимающие решения. Качество решений, которые будут ими приняты, когда они станут профессионалами в какой-либо сфере, с точки зрения экологической ответственности, напрямую зависит от того, насколько полно уже сегодня вопросы охраны окружающей среды и рационального (устойчивого) использования природных ресурсов интегрированы в систему воспитания, образования, повышения квалификации и переподготовки кадров.

В особенности это касается вопросов изменения климата, так как эта проблематика состояния окружающей среды достаточно новая для человечества, а сложность климатических процессов в свою очередь является препятствием к их пониманию широкими кругами общественности.

В Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата от 9 мая 1992 года (далее – РКИК ООН) и Парижском соглашении, Сторонами которых являются Республика

Беларусь и Российская Федерация, положения, касающиеся образования, воспитания и информирования по вопросам изменения климата содержатся в статьях 6 и 12 (соответственно).

Справочно. Статья 6 РКИК ООН «Просвещение, подготовка кадров и информирование общественности»

При выполнении своих обязательств по статье 4, пункт 1i, Стороны:

a) на национальном и, при необходимости, субрегиональном и региональном уровнях и в соответствии с национальными законами и нормами и своими соответствующими возможностями поощряют и облегчают:

i) разработку и осуществление программ просвещения и информирования общественности по проблемам изменения климата и его последствий;

ii) доступ общественности к информации об изменении климата и его последствиях;

iii) участие общественности в рассмотрении вопросов изменения климата и его последствий и в разработке соответствующих мер реагирования; и

iv) подготовку научного, технического и управленческого персонала;

b) на международном уровне, используя, где это необходимо, существующие органы, сотрудничают и содействуют в:

i) разработке материалов для целей просвещения и информирования общественности по вопросам изменения климата и его последствий и обмену такими материалами; и

ii) разработке и осуществлении программ в области образования и подготовки кадров, включая укрепление национальных учреждений и обмен персоналом или его прикомандирование для подготовки экспертов в этой области, особенно в интересах развивающихся стран.

Статья 12 Парижского соглашения

Стороны сотрудничают в осуществлении надлежащим образом мер по активизации просвещения, подготовки кадров, информирования общественности, участия общественности и доступа общественности к информации по вопросам изменения климата, признавая важность этих шагов для активизации действий согласно настоящему Соглашению.

В связи с выше сказанным, руководящие органы РКИК ООН уделяют пристальное внимание образовательным и информационным процессам в области изменения климата на национальных уровнях, сведения о которых предоставляются Сторонами РКИК ООН в специальном разделе национальных сообщений в соответствии с обязательствами по ней.

Так, в составе раздела «Информация об образовании, подготовке кадров и информировании общественности в области изменения климата» 8-го Национального сообщения Республики Беларусь по изменению климата в соответствии с обязательствами по РКИК ООН, подготовленного Республиканским научно-исследовательским унитарным предприятием «Бел НИЦ «Экология» в рамках выполнения договора с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (далее - Минприроды), приводится информация применительно к экологическим, в частности, связанным с проблемой изменения климата, вопросам о(об):

- общей политике в области образования, профессиональной подготовки и повышения осведомленности общественности;
- начальном, среднем (всех ступеней) и высшем образовании;
- кампаниях общественной информации;
- доступных интернет ресурсах, касающихся проблем климата;
- учебных программах;
- ресурсных или информационных центрах;
- участии общественности и неправительственных организаций;
- участии в международной деятельности;
- мониторинге, обзоре и оценке выполнения статьи 6 Соглашения (РКИК ООН).

В соответствующем разделе также предоставлена информация о количестве студентов, изучающих экологические дисциплины, в том числе, касающиеся охраны климата, а также аспирантов и магистрантов в высших учебных заведениях Республики Беларусь в 2021/2022 годах. Эти сведения также включают данные о количестве иностранных студентов, изучающих указанные выше дисциплины, и являются показателем опосредованного вклада Республики Беларусь в решение глобальных климатических задач путем подготовки специалистов, являющихся гражданами других государств.

В эпоху тотальной диджитализации решение любых экологических задач, включая климатические, рассматривается через призму применения новых технических методов сбора, обработки и передачи информации.

Так, например, компания Microsoft совместно с National Geographic инициировала программу грантов, целью которой является разработка новых решений, основанных на технологии искусственного интеллекта (далее - ИИ), для урегулирования экологических проблем. Корпорация

Google совместно с Организацией Объединенных Наций запустила проект, в рамках которого специалисты могут в режиме реального времени отслеживать экологическую обстановку.

Так, применительно к климатическим вопросам ИИ уже достаточно широко используется для мониторинга лесных пожаров, отслеживания изменений в экосистемах и контроля загрязнения, анализируя сложные паттерны и тренды и помогая ученым в поиске решений по вопросам климата. Уже сегодня известны решения на основе ИИ, повышающие эффективность производства и оптимизирующие потребление электроэнергии, что естественно снижает образование парниковых газов.

Кроме того, новые технологии, такие как ИИ и блокчейн, обладают огромным потенциалом для улучшения отслеживания и управления материалами, ресурсами и компонентами в цепочках поставок, чтобы можно было осуществлять позитивные экологические вмешательства, а потребители могли быть лучше информированы, чтобы сделать выбор в пользу устойчивого потребления.

В связи с глобальным характером процессов изменения климата первостепенное значение в решении проблем в этой сфере играет международное сотрудничество.

Одним из основополагающих постулатов Договора о создании Союзного государства Беларуси и России (далее – Договор) является приверженность целям и принципам Устава Организации Объединенных Наций, а в соответствии с его статьей 2 одной из его целей является неуклонное соблюдение основных прав и свобод человека и гражданина в соответствии с общепризнанными принципами и нормами международного права, которые признаются и гарантируются пунктом 2 статьи 14 Договора. Право человека на благоприятную окружающую среду является одним из основных прав и свобод.

Климатические вопросы включаются в повестку дня совместных мероприятий государств-членов Союзного государства.

Так, на 9-ом Форуме регионов Беларуси и России, состоявшемся в июне-июле 2022 года, в ходе секции «Сотрудничество Беларуси и России в условиях новой международной климатической повестки» было рассмотрено несколько блоков вопросов, касающихся изменения климата:

- национальные стратегии Беларуси и России в области охраны окружающей среды и социально-экономического развития в условиях новой климатической повестки в контексте достижения Целей устойчивого развития;

- меры по реализации Беларусью и Россией Парижского соглашения по климату к Рамочной конвенции ООН об изменении климата, а также смягчению последствий изменения климата и адаптации к ним;
- гармонизация подходов в решении природоохранных и климатических вопросов для обеспечения устойчивого развития Беларуси и России;
- интеграционные усилия по созданию и использованию «зеленых» технологий, разработке и применению критериев «зеленых» проектов;
- риски новой глобальной климатической повестки.

В рамках заседания секции обсуждались предложения по совершенствованию национальных стратегий Беларуси и России в области охраны окружающей среды и социально-экономического развития в условиях новой климатической повестки с акцентом на мерах по реализации Беларусью и Россией РКИК ООН и Парижского соглашения, а также смягчению последствий изменения климата и адаптации к ним, развития новых подходов к обучению и подготовке специалистов, в том числе в контексте междисциплинарного взаимодействия в отношении планирования адаптации к изменениям климата.

В части внедрения системы обращения «зеленых» сертификатов в энергетике выступающими было отмечено, что многие компании ведут учет не просто «прямых» выбросов парниковых газов в результате своей деятельности, а рассматривают весь жизненный цикл своей продукции – так называемый «углеродный след», который включает в себя в том числе оценку выбросов парниковых газов от потребленной электрической энергии.

Декретом Высшего Государственного Совета Союзного государства от 4 ноября 2021 года № 6 «Об Основных направлениях реализации положений Договора о создании Союзного государства на 2021-2023 годы» утвержден ряд Союзных программ, среди которых Союзная программа по интеграции информационных систем государственных контролирующих органов по прослеживаемости товаров и Союзная программа по интеграции информационных систем по маркировке товаров.

В соответствии с пунктом 2.1. Союзной программы по интеграции информационных систем государственных контролирующих органов по прослеживаемости товаров реализуется мероприятие по определению технической модели взаимодействия между операторами национальных систем прослеживаемости, включающее в себя в том числе реквизитный состав сведений о товарах, подлежащих прослеживаемости, в целях информационного обмена между национальными системами

прослеживаемости; определение каналов связи, а также средств технической и криптографической защиты информации, используемых при информационном обмене между операторами.

Вместе с тем, реквизитный состав сведений о товарах, подлежащих прослеживаемости, в мероприятии программы не детализирован, что открывает возможность для проработки вопроса включения в него информации об экологической составляющей каждого из этапов жизненного цикла прослеживаемого товара.

Союзная программа по интеграции информационных систем по маркировке товаров в своем пункте 1.1. закрепляет необходимость установления единых условий маркировки товаров, включая определение унифицированного состава кода маркировки, порядка формирования и предоставления кодов маркировки, порядка информационного взаимодействия между операторами, в том числе определение сведений, подлежащих передаче, порядка осуществления такой передачи при трансграничном перемещении маркированных товаров.

При этом также как и в случае сведений о товарах, подлежащих прослеживаемости, данными мероприятиями не определены виды маркировки, на которые они распространяются, что дает основание полагать, что эти механизмы применимы и к экологической маркировке.

Учитывая выше сказанное, и в целях усиления экологической составляющей интеграционных процессов Беларуси и России представляется целесообразным рассмотреть возможность включения в реквизитный состав сведений о товарах, подлежащих прослеживаемости, сведения об экологической составляющей каждого из этапов жизненного цикла прослеживаемого товара, в том числе с использованием технологии блокчейн и матричных двухмерных штриховых кодов типа QR, а также применять информационную систему по маркировке товаров согласованно с системой экологической маркировки, о практике применения этих мер информировать заинтересованных, включая широкую общественность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата [Электронный ресурс] : [заключена в Нью-Йорке 9 мая 1992 года] // Организация Объединенных Наций. – Режим доступа: https://treaties.un.org/doc/Treaties/1994/03/19940321%2004-56%20AM/Ch_XXVII_07p.pdf

2. Парижское соглашение [Электронный ресурс] : [заключено в Париже 12 декабря 2015 года] // Организация Объединенных Наций. – Режим доступа: https://treaties.un.org/doc/Treaties/2016/02/20160215%2006-03%20PM/Ch_XXVII-7-d.pdf
3. Договор о создании Союзного государства [Электронный ресурс] : [подписан в г. Москва 8 декабря 1999 года] – Режим доступа: <https://soyuz.by/>
4. Дыган М.М. О российской энергетической политике в контексте климатической повестки и аспектах сотрудничества в рамках Союзного государства / Материалы заседания секции № 2 на тему: «Сотрудничество Беларуси и России в условиях новой международной климатической повестки» IX-го Форума регионов Беларуси и России, Гродно, 30 июня 2022 г. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/cd7/Zelenaya-povestka-v-mezhregionalnom-razviti.pdf>
5. Материалы международного семинара «Расширение общественного доступа к экологической информации о продуктах: проблемы и возможности» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://unece.org/media/environment/Aarhus-Convention/news/386226>
6. Светунькова А. ИИ свое возьмет: как нейросети помогают решать экологические проблемы Известия [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://iz.ru/1595973/alena-svetunkova/ii-svoe-vozmet-kak-neiroseti-pomogaiut-reshat-ekologicheskie-problemy>

РАЗДЕЛ II. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 543.3;502.5

ВАСНЁВА ОЛЬГА ВЛАДИМИРОВНА,

кандидат геолого-минералогических наук, заместитель директора филиала по науке филиала «Институт геологии» Государственного предприятия «НПЦ по геологии» Минск, Беларусь

БЕРЁЗКО ОЛЬГА АЛЕКСАНДРОВНА,

кандидат геолого-минералогических наук, начальник отдела гидрогеологии и мониторинга подземных вод филиала «Институт геологии» Государственного предприятия «НПЦ по геологии» Минск, Беларусь

ЧЕРЕВАЧ ЕЛЕНА МИХАЙЛОВНА,

заместитель начальника отдела гидрогеологии и мониторинга подземных вод филиала «Институт геологии» Государственного предприятия «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь

ПОЭТАПНОЕ РАЗВИТИЕ БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В ЧАСТИ МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ЦЕЛЮ ОХРАНЫ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСГРАНИЧНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

В статье представлены результаты, полученные в ходе проведения мониторинга подземных вод Республики Беларусь и реализации Соглашения между Правительством Республики Беларусь и Правительством Российской Федерации о сотрудничестве в области охраны и рационального использования трансграничных водных объектов для поэтапного развития белорусско-российского сотрудничества.

Ключевые слова: подземные воды; мониторинг подземных вод; трансграничные подземные водные объекты; приграничная территория; наблюдательные скважины; режимные наблюдения; гидродинамический и гидрохимический режим подземных вод; водоносные горизонты и комплексы.

The article presents the results obtained during the monitoring of groundwater in the Republic of Belarus and the implementation of the Agreement between the Government of the Republic of Belarus and the Government of the Russian Federation on cooperation in the field of protection and rational use of transboundary water bodies for the phased development of Belarusian-Russian cooperation.

В 2002 году Республика Беларусь и Российская Федерация, сознавая, что регулирование хозяйственной и иной деятельности, связанной с использованием трансграничных водных объектов, может осуществляться только с учетом интересов государств обеих стран и основываясь на принципе разумного и справедливого использования трансграничных водных объектов подписали Соглашение

между Правительством Республики Беларусь и Правительством Российской Федерации о сотрудничестве в области охраны и рационального использования трансграничных водных объектов (далее – Соглашение).

В 2016 году помимо работы Рабочей группы по поверхностным водам к выполнению обязательств Соглашения были привлечены и специалисты-гидрогеологи Республики Беларусь (филиал «Институт геологии» Государственного предприятия «НПЦ по геологии») и Российской Федерации (ФГБУ «Гидроспецгеология»).

С целью последующего анализа и оценки данных о состоянии подземных вод трансграничной территории Республики Беларусь определен перечень пунктов наблюдений, расположенных в пределах бассейнов рек Западная Двина и Днепр, в административном отношении – в пределах Витебской, Могилевской и Гомельской областей Республики Беларусь в естественных (слабонарушенных) и нарушенных эксплуатацией условиях.

В соответствии с гидрогеологическим районированием территория исследования приурочена к Оршанскому и Припятскому артезианским бассейнам (рисунок 1).



Рисунок 1 – Гидрогеологическое районирование территории Республики Беларусь [4]

На приграничной территории Республики Беларусь и Российской Федерации эксплуатируются водоносные горизонты и комплексы палеогеновых, меловых и девонских отложений [2].

Объектами наблюдений за состоянием подземных вод являются грунтовые и напорные подземные воды. Система мониторинга за состоянием подземных вод в естественных условиях в пределах бассейнов рек Западная Двина и Днепр представлена государственной сетью пунктов наблюдений, которая включает 112 скважин, в т. ч. 22 скважины расположены на трансграничной территории. Наблюдаемыми показателями являются уровень, температура, химический состав и физические свойства подземных вод.

В нарушенных эксплуатацией условиях функционирует сеть режимных скважин в пределах групповых водозаборов городов Витебск, Орша, Могилев, Гомель – 134 наблюдательные скважины. Здесь наблюдения проводятся за гидродинамическим режимом, физико-химическим составом, объемом добычи подземных вод (рисунки 2, 3).

На основании ежегодных режимных наблюдений за уровнем режимом подземных вод в естественных условиях установлено, что амплитуды колебания уровней грунтовых вод на приграничной территории в пределах бассейнов рек Западная Двина и Днепр на 2022 г. соответствуют естественным колебаниям, а изменения глубин залегания уровней подземных вод – среднееголетним значениям.

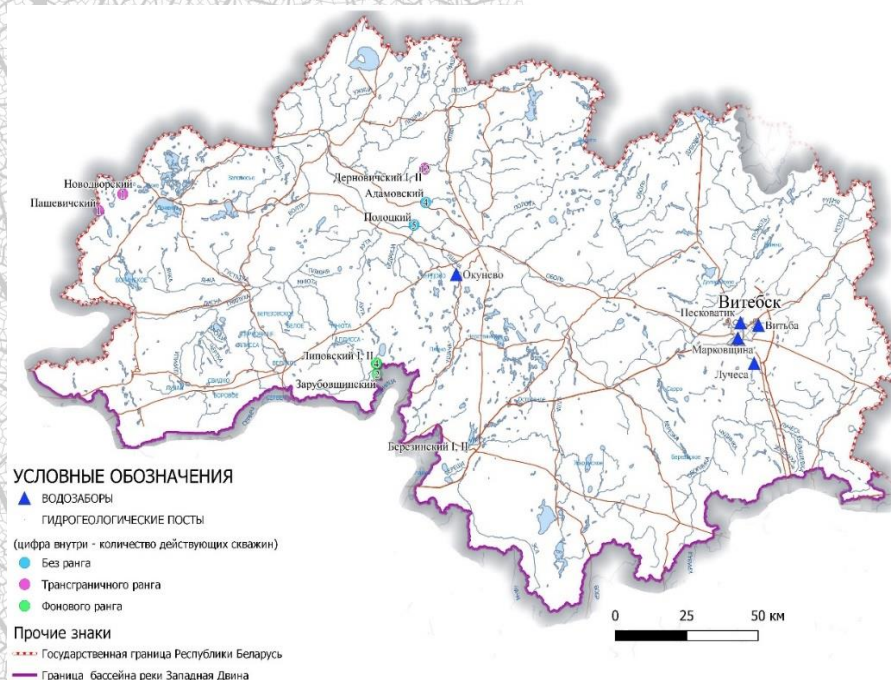


Рисунок 2 – Карта расположения режимной сети пунктов наблюдений мониторинга подземных вод на территории бассейна реки Западная Двина



Рисунок 3 – Карта расположения режимной сети пунктов наблюдений мониторинга подземных вод на территории бассейна реки Днепр

По гидрохимическому составу подземные воды приграничной территории Республики Беларусь и Российской Федерации гидрокарбонатные магниево-кальциевые. Гидрохимические показатели подземных вод (в естественных условиях), в основном, соответствуют установленным требованиям, за исключением показателя по железу общему, превышающему предельно допустимые концентрации (далее – ПДК) в 4–15 раз, что характерно для территорий, имеющих повышенное содержание органических (гуминовых) веществ в подземных водах.

Выявлены также превышающие ПДК показатели окиси кремния, окисляемости перманганатной, цветности, мутности, которые обусловлены природным происхождением. Влияние локальных (антропогенных) источников загрязнения (сельскохозяйственного, коммунально-бытового характера) приводит к тому, что в грунтовых и напорных водах наблюдаются повышенные в единичных случаях показатели (иногда выше ПДК) по азотсодержащим соединениям [1].

Сосредоточенный водоотбор подземных вод в районе водозаборов привел к формированию депрессионных воронок. Радиусы депрессионных воронок в эксплуатируемых комплексах изменяются от 2 до 12 километров. Понижения в центре водозаборов колеблются от 1–10 до 30 м и более. Результаты режимных наблюдений показывают, что все водозаборы эксплуатируются в установившемся гидродинамическом режиме. Фактическое снижение уровней подземных вод эксплуатируемых водоносных горизонтов и комплексов по наблюдаемым водозаборами не превышает расчетных величин допустимых понижений. Качество подземных вод, в основном, соответствует установленным нормативам безопасности воды, исключение составляет повышенное содержание природных компонентов (жесткости общей, железа общего, марганца) и пониженное содержание фтора [3].

В результате проведения встреч, консультаций с целью последующего решения совместных задач специалистами-гидрогеологами двух стран выполнено следующее:

- проведен сравнительный анализ нормируемых показателей качества подземных вод, используемых для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения;
- подготовлен перечень основных водоносных горизонтов и комплексов на приграничной территории Республики Беларусь и Российской Федерации;
- утверждена форма обмена информацией о характеристиках основных трансграничных подземных водных объектов на приграничной территории Российской Федерации и Республики Беларусь;
- разработаны единый формат записки о гидрогеологических условиях приграничных территорий и совместных трансграничных подземных водных объектов каждой из сторон, порядок взаимодействия по обмену информацией о показателях состояния трансграничных подземных водных объектов, а также регламент обмена информацией о показателях состояния трансграничных подземных водных объектов.

Одной из ближайших задач, которую предстоит решить специалистам обеих стран - корреляция основных водоносных горизонтов и комплексов в пределах гидрогеологических структур в границах бассейнов рек Днепр и Западная Двина по территории Беларусь-Россия, что позволит подойти к более детальному пониманию геолого-гидрогеологических условий трансграничной территории Республики Беларусь и Российской Федерации.

Для решения поставленной задачи на территории Республики Беларусь в 2023 г. в рамках мероприятия «Создание и оснащение трансграничных пунктов наблюдений за состоянием подземных

вод» Государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2021 — 2025 годы, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19 февраля 2021 г. № 99 пробурены и включены в государственный реестр 4 новых пункта наблюдений (скважин) с присвоением им трансграничного ранга: 2 – в Ветковском районе и 2 – Добрушском районе Гомельской области. 2 скважины оборудованы на водоносный верхнемеловой карбонатно-терригенный горизонт (K_2) (напорные воды) и 2 – на водоносный днепровский надморенный водно-ледниковый комплекс ($f,lgIIId^s$) (грунтовые воды) соответственно.

Создание и оборудование этих 4-х новых пунктов наблюдений в Ветковском и Добрушском районах Гомельской области, расположенных на приграничной территории Республики Беларуси и Российской Федерации позволит получать новые данные о состоянии подземных вод на этой территории и более полно представлять эту информацию в рамках выполнения Соглашения.

Следует отметить, что лишь на основании непрерывного ведения мониторинга подземных вод в естественных и нарушенных эксплуатацией условиях, возможно выполнение различных задач, которые стоят перед гидрогеологами сопредельных стран, в т. ч. выполнение Международного соглашения между Правительством Республики Беларусь и Правительством Российской Федерации о сотрудничестве в области охраны и рационального использования трансграничных водных объектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Березко О.А., Буйневич О.А., Васнёва О.В., Черевач Е.М., Мониторинг подземных вод / Березко О.А. [и др.] // Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь: результаты наблюдений, 2022 год / Под общей редакцией М.И. Лемутовой – Минск, Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды». – 2023.
2. Геология Беларуси / А.С. Махнач [и др.]; под ред. А.С. Махнача [и др.]; НАН Беларуси, Ин-т геол. наук. – Минск : Ин-т геол. наук, 2001. – 814 с.
3. Государственный водный кадастр – водные ресурсы, их использование и качество воды, раздел «Подземные воды». – Минск, 2022. С. 76-101 – режим доступа: <https://www.cricuwr.by/gvkinfo/#2022>
4. Полезные ископаемые Беларуси : к 75-летию Белорус. науч.-исслед. геологоразведоч. ин-та / [Л.Ф. Ажгиревич и др. ; редкол.: А.М. Синичка (отв. ред.) и др.]. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2002. – 527 с.

УДК 556.334 (476)

**ОНОШКО МАРИЯ ПЕТРОВНА, БЕРЁЗКО ОЛЬГА АЛЕКСАНДРОВНА, ВАСНЁВА ОЛЬГА
ВИКТОРОВНА, КРОШИНСКИЙ ВЛАДИСЛАВ АЛЕКСАНДРОВИЧ, БУРКО АЛЕКСАНДР
НИКОЛАЕВИЧ, ПОДРУЖАЯ МАРИНА АЛЬБЕРТОВНА, КОСТЮКЕВИЧ НАТАЛЬЯ
ВИКТОРОВНА,**

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»
ул. Академика Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь,
E-mail: onoshko_m44@mail.ru

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ПОДВЕРЖЕННОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ХОЙНИКСКОГО РАЙОНА ПРИРОДНЫМ И АНТРОПОГЕННЫМ ФАКТОРАМ

Разработаны критерии оценки степени подверженности подземных вод территории Хойникского района Гомельской области природным и антропогенным факторам. Приведена типизация факторов. Полученный материал будет использован для разработки геоинформационной системы подземных вод района с целью оценки их состояния в условиях изменения климата.

Ключевые слова: подземные воды, критерии оценки, природные факторы, антропогенные факторы, Беларусь.

**ONOSHKO MARIA PETROVNA, BERYOZKO OLGA ALEKSANDROVNA, VASNYOVA
OLGA VIKTOROVNA, KROSHINSKY VLADISLAV ALEKSANDROVICH, BURKO ALEKSANDR
NIKOLAEVICH, PODRUJAYA MARINA ALBERTOVNA, KOSTUKEVICH NATALIA
VIKTOROVNA,**

State enterprise «SPC for geology»
Republic of Belarus, Minsk, Akademika Kuprevicha st., 7, 220084,
E-mail: onoshko_m44@mail.ru

ASSESSMENT CRITERIA FOR THE DEGREE OF EXPOSURE OF GROUNDWATER TO NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS IN THE KHOINIKI REGION

Assessment criteria for the degree of exposure of groundwater to natural and anthropogenic factors in the Khoiniki district of the Gomel region have been developed. Corresponding factors were typified. The obtained material will be used to elaborate a geographic information system for groundwater of the research area in order to evaluate their state under the climate change conditions.

Key words: groundwater, assessment criteria, natural factors, anthropogenic factors, Belarus.

Для организации мониторинга подземных вод и выявления наиболее уязвимых участков, с целью осуществления наблюдений за состоянием подземных вод в условиях изменения климата и для

создания геоинформационной системы подземных вод территории Хойникского района Гомельской области разработаны критерии оценки степени подверженности подземных вод территории района природным и антропогенным факторам.

Критерии оценки степени подверженности подземных вод территории Хойникского района Гомельской области природным и антропогенным факторам разработаны с использованием материалов работ [1-6].

Для разработки критериев оценки степени подверженности подземных вод территории Хойникского района природным факторам учитывались геоморфологические, геологические, геолого-гидрогеологические условия района, гидрогеологические параметры, характеризующие фильтрационные свойства водовмещающих пород, а также гидродинамические и гидрохимические показатели подземных вод по водоносным горизонтам на территории района (таблица 1).

Таблица 1 – Типизация критериев оценки степени подверженности подземных вод территории Хойникского района природным факторам

№ п/п	Природные критерии	
	Типизация природных факторов	Обоснование критериев
1	2	3
1.	Геолого-гидрогеологические условия	Площади и глубины распространения основных эксплуатируемых водоносных горизонтов, мощность водовмещающих пород, литологическая представительность
2.	Мощность зоны аэрации	Глубина залегания грунтовых вод, литология пород
3.	Гидрогеологические параметры (водопроницаемость, коэффициент фильтрации и др.)	Параметры, характеризующие фильтрационные свойства водовмещающих пород необходимы для определения количества наблюдательных скважин режимной сети
4.	Рельеф территории исследований	Сеть наблюдательных скважин должна охватывать все элементы рельефа
5.	Расстояние до водотока	Формирование баланса подземных вод происходит за счет близ лежащих водоемов и водотоков
6.	Направление потока грунтовых и напорных вод	Для определения расположения режимной сети скважин
7.	Гидрохимические показатели подземных вод по водоносным горизонтам. Гидродинамические показатели подземных вод по водоносным горизонтам	Анализ химического состава и динамики подземных вод с целью обоснования плотности режимной сети или одиночных наблюдательных скважин

Выделено 7 типов критериев оценки степени подверженности подземных вод природным факторам с обоснованием их выделения:

- геолого-гидрогеологические условия показывают площади и глубины распространения основных эксплуатируемых водоносных горизонтов, мощность водовмещающих пород, литологическую представительность;
- мощность зоны аэрации показывает глубины залегания грунтовых вод, литологию водовмещающих пород;
- гидрогеологические параметры (водопроницаемость, коэффициент фильтрации и др.), параметры, характеризующие фильтрационные свойства водовмещающих пород необходимы для определения количества наблюдательных скважин режимной сети;
- рельеф территории исследований необходимо учитывать при разработке сети наблюдательных скважин; сеть должна охватывать все элементы рельефа;
- расстояние до водотока – это критерий, который необходимо учитывать, так как формирование баланса подземных вод происходит за счет близ лежащих водоемов и водотоков;
- направление потока грунтовых и напорных вод необходимо учитывать для определения расположения режимной сети скважин;
- гидрохимические и гидродинамические показатели подземных вод по водоносным горизонтам – это критерии, которые надо учитывать при обосновании плотности режимной сети или одиночных наблюдательных скважин.

Для разработки критериев оценки степени подверженности подземных вод территории изучаемого района антропогенным факторам и выделения их типов была составлена карта техногенной нагрузки для исследуемой территории (рисунок 1).

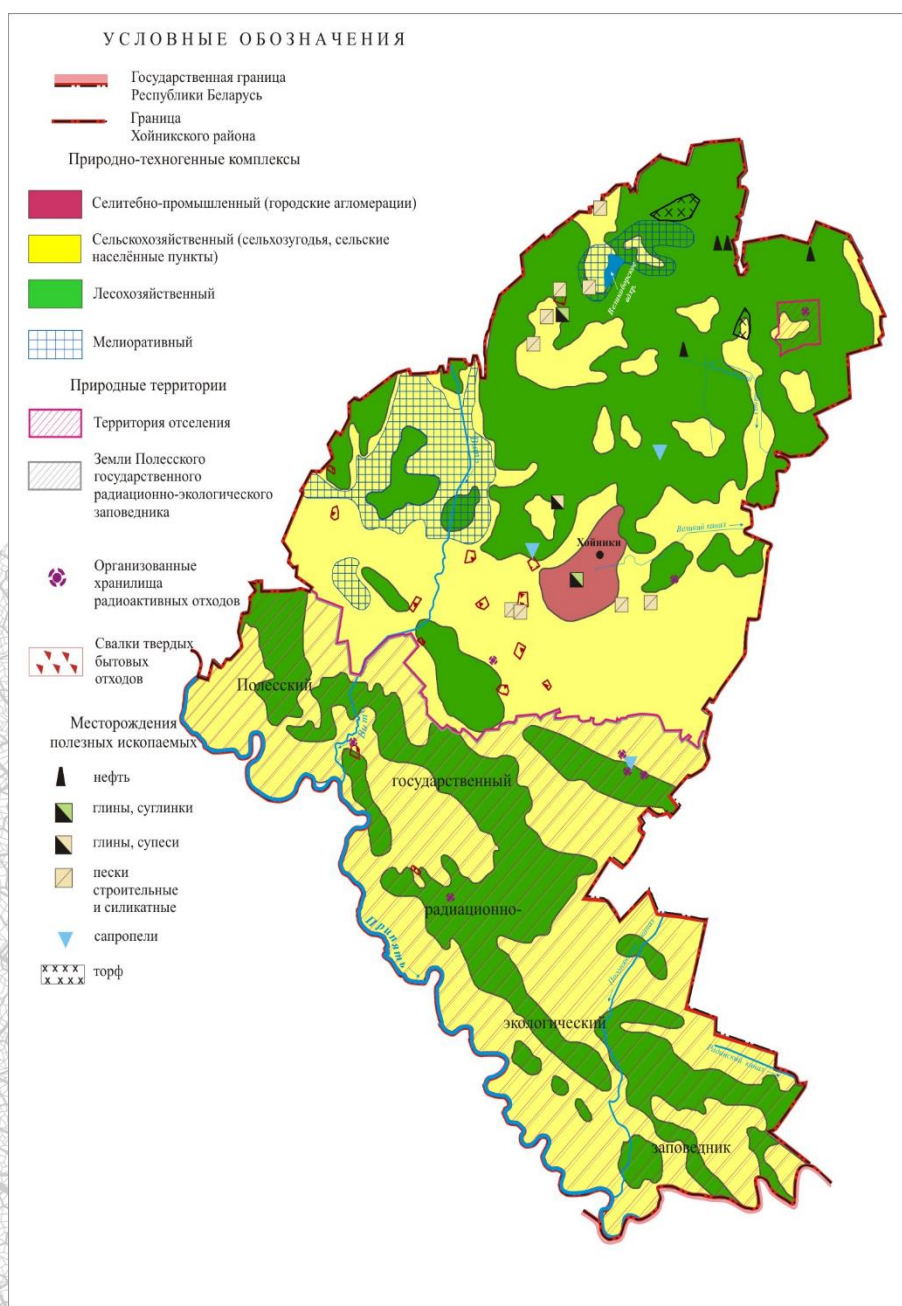


Рисунок 1 – Карта техногенной нагрузки Хойникского района

Исходя из данных карты, для территории района можно выделить следующие критерии оценки степени подверженности подземных вод территории Хойникского района антропогенным факторам (таблица 2):

Таблица 2 – Типизация критериев оценки степени подверженности подземных вод территории Хойникского района антропогенным факторам

№ п/п	Типизация антропогенных факторов	Источник воздействия	Место расположение источника	Последствие негативного воздействия	Природно-территориальный комплекс (ПТК)
Антропогенные критерии					
1	2	3	4	5	6
1	Хозяйственная деятельность в месте проживания, коммунально-бытовые объекты, хранилища радиоактивных отходов	Приусадебные участки, органические и минеральные удобрения, отходы при хозяйственной деятельности	г. Хойники, сельские населенные пункты, выбранные участки	Постоянное локальное загрязнение подземных вод ядохимикатами, нитратами, нитритами, аммонием, фосфатами, хлоридами, сульфатами, железом, тяжелыми элементами, СПАВ, фенолами, радионуклидами. Увеличение минерализации грунтовых вод.	Селитебно-промышленный, сельскохозяйственный, свалки твердых бытовых отходов, организованные хранилища радиоактивных отходов
2	Сельскохозяйственная деятельность	Поля орошения стоками, склады минеральных удобрений	Хойникский район	Локальное и площадное, периодическое и постоянное загрязнение подземных вод ядохимикатами, нитратами, аммонием, тяжелыми металлами и др.	Сельскохозяйственный
3	Мелиорация	Дренажные сооружения	Северо-западная и западная часть Хойникского района, пойма р. Вить	Осушение грунтового горизонта, изменение режима и баланса подземных вод, уменьшение питания водоносных горизонтов и количества выпавших атмосферных осадков, увеличение минерализации вод.	Мелиоративный

				Понижение уровней до 1м и более.	
4	Добыча подземных вод	Водозаборы подземных вод	г. Хойники	Образование воронок депрессии, изменение взаимосвязи поверхностных и подземных вод, осушение грунтового горизонта, изменение структуры баланса подземных вод. Изменение качества вод за счет подтока некондиционных вод. Понижение уровня вод.	Селитебно-промышленный
5	Добыча полезных ископаемых открытым способом	Месторождения и карьеры по добыче стройматериалов, технологические отвалы	Хойникский район	Загрязнение пресных подземных вод, увеличение минерализации вод. Просадка дневной поверхности	Селитебно-промышленный
6	Лесозаготовительная промышленность	Места вырубки леса	Хойникский район	Вырубка леса. Понижение уровня грунтовых вод.	Лесохозяйственный
7	Нефтедобывающая промышленность	Нефть, ее соединения, нефтяной и буровой шлам, сточные воды	Северо-западная часть Хойникского района	Загрязнение атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, земель (почв), растительного мира и др. при бурении скважин. Нарушение дневной поверхности земли.	Селитебно-промышленный

– хозяйственная деятельность в месте проживания, коммунально-бытовые объекты (свалки твердых бытовых отходов), хранилища радиоактивных отходов;

- сельскохозяйственная деятельность;
- мелиорация;
- добыча подземных вод;
- добыча полезных ископаемых открытым способом;
- лесозаготовительная промышленность,
- нефтедобывающая промышленность.

В таблице приведено обоснование выделения каждого фактора, а также рассмотрены источники и последствия воздействия.

В последующем для разработки геоинформационной системы подземных вод Хойникского района с целью оценки их состояния в условиях изменения климата будут разработаны CIS–проекты ряд карт:

- зоны аэрации, которая необходима для разработки карты защищенности грунтовых вод;
- карта объектов техногенного воздействия на геологическую среду района;
- карта защищенности грунтовых вод территории района;
- карта защищенности первого от поверхности напорного водоносного горизонта территории района.

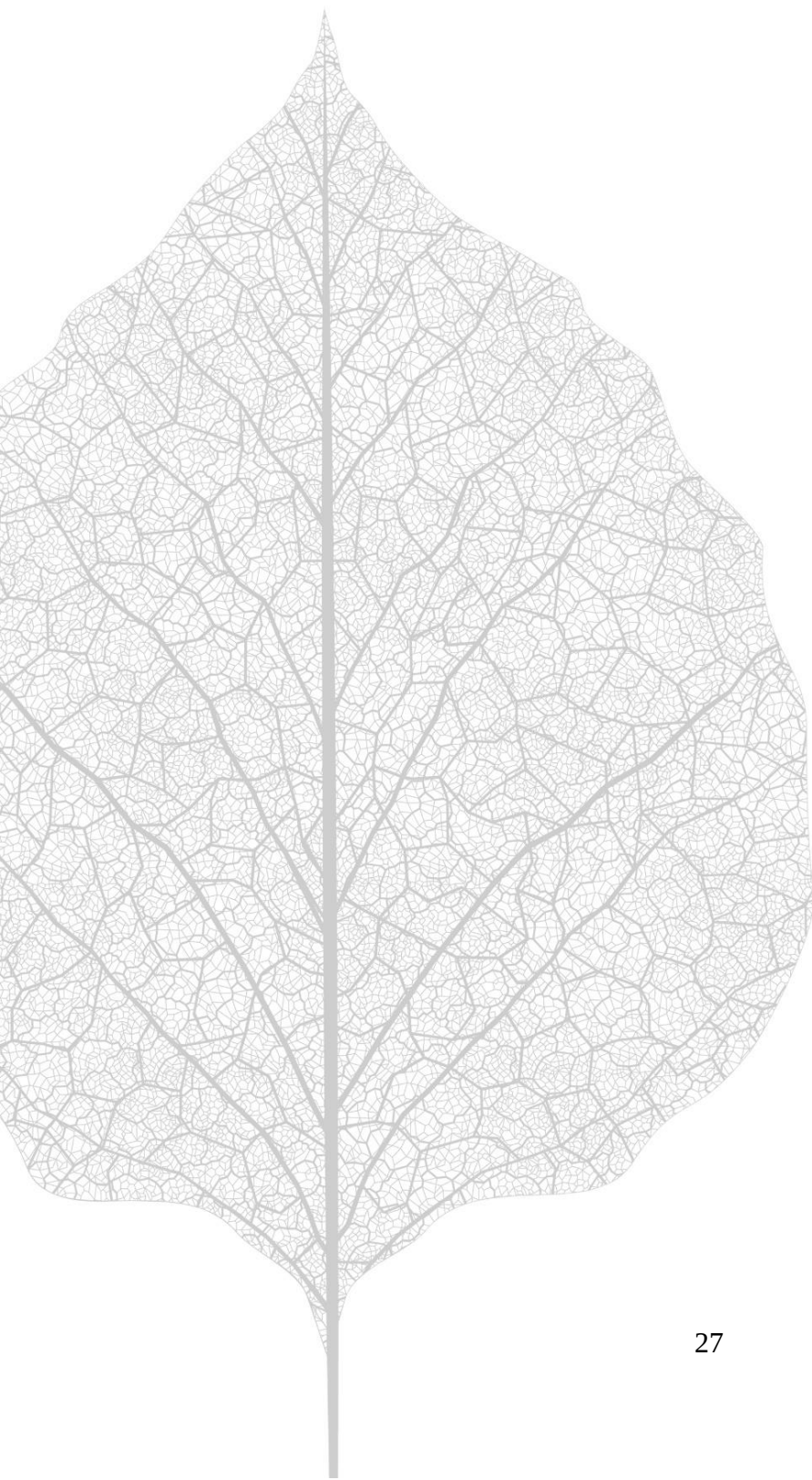
В результате выполненных работ будет разработана карта расположения режимной сети пунктов наблюдений для организации и ведения мониторинга подземных вод на территории Хойникского района.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Маслов, Б.С. Режим грунтовых вод переувлажненных земель и его регулирование. – М.: Колос, 1970. – 232 с.
2. Методика гидрогеологических исследований при инженерно-геологических изысканиях / Под редакцией С.К. Абрамова. – М.: Изд-во ПНИИСа, 1970. – 86 с.
3. Оценка изменений гидрогеологических условий под влиянием производственной деятельности. – М.: Недра, 1978. – 259 с.
4. Попов, В.Н. Организация и производство наблюдений за режимом подземных вод (инструктивные указания) / В.Н. Попов. – М.: Госгеолтехиздат., 1955. – 198 с.

5. Принципы размещения сети гидрогеологических наблюдательных пунктов в естественных и нарушенных условиях / Сост. Н.П. Лушникова и др. – М.: Недра. 1974. – 88 с.

6. Шестаков, В.М. Гидродинамический анализ режима и баланса подземных вод / В.М. Шестаков. Некоторые вопросы современной научной и практической гидрологии. М.: Изд-во МГУ, 1981. – С. 229 – 244.



УДК 502.5: 504.453

ТАВРЫКИНА ОКСАНА МИХАЙЛОВНА,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, начальник отдела гидрологии и водоохраных территорий

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», Минск, Беларусь

ЛУХАНИНА НАТАЛЬЯ ВЛАДИМИРОВНА,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела гидрологии и водоохраных территорий

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», Минск, Беларусь

ТИЩИКОВ ГЕННАДИЙ МАКСИМОВИЧ,

старший научный сотрудник сектора использования водных ресурсов

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», Минск, Беларусь

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СООБЩЕСТВ МАКРОЗООБЕНТОСА РЕКИ ВИЛИЯ

Проведено исследование сообществ макрозообентоса участка р. Вилия в зимний, весенний, летний и осенний периоды для оценки сезонной изменчивости сообществ, расчета модифицированного биотического индекса (МБИ). Донные сообщества исследованного участка р. Вилия во все периоды характеризовались достаточно высоким таксономическим разнообразием. В качественных сборах отмечено до 77 видов и форм макробеспозвоночных, представляющих все основные группы речного макрозообентоса. Отмечены многочисленные организмы-индикаторы чистой воды, а также присутствие инвазивного вида – пиявки *Caspiobdella fadejewi*. Для всех исследованных участков реки отмечена высокая величина МБИ (от 8 до 10).

Ключевые слова: водный объект, участок реки, видовое разнообразие, макрозообентос, модифицированный биотический индекс, таксономический состав, инвазивный вид, класс качества

**TAVRYKINA OKSANA MIKHAILOVNA, LUKHANINA NATALIA VLADIMIROVNA, TISHCHIKOV
GENNADY MAKSIMOVICH,**

SEASONAL CHANGES IN PARAMETERS OF MACROZOOBENTHOS COMMUNITIES IN THE VILIYA RIVER

A study of macrozoobenthos communities in the Viliya River section was carried out in winter, spring, summer and autumn to assess the seasonal variability of communities and calculate the modified biotic index (MBI). A fairly high taxonomic diversity of benthic communities of the studied section of the Viliya River was noted in all periods. In qualitative collections, up to 77 species and forms of macroinvertebrates were noted, representing all the main groups of river macrozoobenthos. Numerous indicator organisms of clean water were

noted, as well as the presence of an invasive species, the leech *Caspiobdella fadejewi*. A high value of the MBI (from 8 to 10) was noted for all studied sections of the river.

Река Виляя является самым большим притоком р. Неман. В общем объёме стока рек Беларуси сток реки Виляя в 2023 г. составил 4 % (1,98 км³). Длина реки составляет 498 км, в пределах Беларуси – 264 км.

Сбор данных наблюдения для оценки состояния реки Виляя производится в ряде пунктов НСМОС, начиная с 1918 г. (пост Малые Свирыянки). По результатам проведенной оценки степени изменений поверхностных вод по гидроморфологическим показателям участки реки Виляя имеют близкое к природному состояние. В 2022 г. наблюдения за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных экосистем показали, что определяемые показатели на р. Виляя были ниже предела обнаружения либо ниже порогового значения, установленного в экологических нормах и правилах. Класс качества, определенный по гидрохимическим показателям на 5 створах, был равен 2, по гидробиологическим показателям – 2 (для пункта наблюдений 0,3 км СВ от н.п. Быстрица) [1].

Несмотря на проведение регулярного мониторинга различных показателей участков реки Виляя, именно изучение донных сообществ макрозообентоса, наряду с фитоперифитомом, является решающим для определения экологического статуса водотока, а доля таких исследований невелика. Для оценки экологического состояния водотоков особый интерес представляет также изучение динамики возможных сезонных изменений таксономического состава и численности макрозообентоса, наличие редких или индикаторных видов на территориях, подверженных воздействию различных загрязняющих антропогенных факторов. Изучение сезонных изменений структуры сообществ способствует всестороннему исследованию данного вопроса.

Целью работы являлось исследование сообществ макрозообентоса участка р. Виляя в зимний, весенний, летний и осенний периоды для оценки сезонной изменчивости сообществ, расчета модифицированного биотического индекса (МБИ). МБИ является основанием для присвоения участкам водотоков классов качества по гидробиологическим показателям и последующей оценки экологического (гидробиологического) состояния.

Для достижения поставленной цели выполнены следующие работы:

- произведен отбор проб донных сообществ (макрозообентоса) в зимний, весенний, летний и осенний периоды 2023 г.;
- определен таксономический состав и рассчитан модифицированный биотический индекс сообществ макрозообентоса.

Отбор качественных проб макрозообентоса на р. Виляя осуществлялся в пяти створах (таблица 1).

Таблица 1 – Расположение створов на участке р. Виляя (бассейн реки Немана)

Номер створа	Водный объект	Географические координаты
1	р. Виляя	54°49'45.45"СШ, 26°03'8.46"ВД
2	р. Виляя	54°49'32.6" СШ, 26°02'51.6" ВД
3	р. Виляя	54°49'19.70"СШ, 26°02'37.53"ВД
4	р. Виляя (н.п. Тартак)	54°47'05.19"СШ, 25°55'33.56"ВД
5	р. Виляя (н.п. Довнаришки)	54°49'41.30"СШ, 25°49'58.88"ВД

Отбор и определение гидробиологических проб осуществлялись согласно стандартной процедуре, принятой на сети НСМОС, которая обеспечивает получение материалов, позволяющих оценить таксономический состав и структуру сообществ гидробионтов исследуемых водных объектов.

Отбор качественных проб макрозообентоса проводился с помощью стандартного гидробиологического скребка (ширина лезвия 20 см) в основных биотопах рипали. Промывка проб осуществлялась в сачке из газа № 23. Промытые остатки проб, содержащие песок и камни, подвергались отмучиванию. Пробы разбирались в живом виде, организмы фиксировались формалином (до 4-х процентной концентрации) [2, 3].

Донные сообщества исследованного участка р. Виляя во все периоды характеризовались достаточно высоким таксономическим разнообразием, в основном за счет присутствия в донных ценозах личиночных форм амфибиотических насекомых.

В ходе анализа качественных проб донных макробеспозвоночных (видовой состав сем. Chironomidae не определялся) было отмечено: в зимний период – 56, в весенний – 71, в летний – 77, в осенний – 73 вида и формы макробеспозвоночных, представляющих все основные группы речного макрозообентоса. Основной вклад в таксономическое разнообразие донных сообществ во все периоды на большинстве створов внесли личиночные формы ручейников (8 видов – зимний период, 16 – весенний, 12 – летний, 10 – осенний), а также моллюски (9 видов – зимний период, 10 – весенний, 18 видов – летний, 19 видов – осенний), личиночные формы стрекоз в зимний период (8 видов).

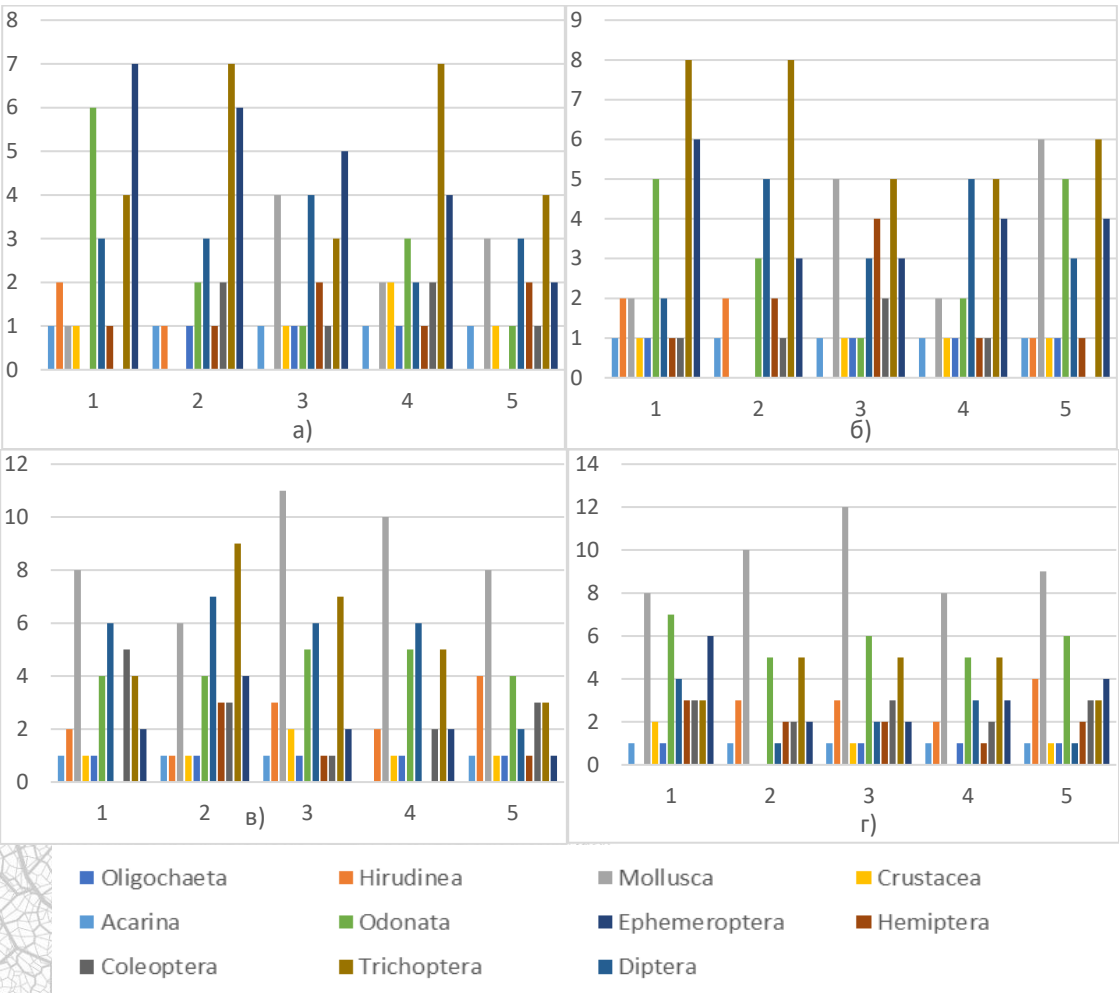
Таксономическое разнообразие макробеспозвоночных на створах варьировало от 21 вида и формы на створе № 5, зимний период (створ у н.п. Довнаришки, близкий к трансграничному), до 41 вида и формы на створе № 3, летний период (таблица 2).

Таблица 2 – Таксономическое разнообразие основных групп макрозообентоса на створах р. Виля в различные периоды 2023 г.

Период исследования	Число таксонов						Общее количество видов и форм
	Номер створа						
	1	2	3	4	5		
Январь 2023 г.	29	27	25	27	21	56	
Апрель 2023 г.	34	26	28	24	30	71	
Июль 2023 г.	35	40	41	34	31	77	
Сентябрь 2023 г.	39	32	40	32	36	74	

Структура выявленных таксонов макрозообентоса в различные периоды 2023 г. представлена на рисунке 1.

В донных ценозах отмечены широко распространенные представители родов *Agrion* и *Gomphus* из Odonata (стрекозы); представители сем. Limnephilidae из Trichoptera (ручейники) отмечены также для всех периодов. Среди других групп наибольшей встречаемостью характеризовались малощетинковые черви (Oligochaeta); *Acari* sp. из Acarina (клещи); *Asellus aquaticus* из Crustacea (ракообразные); *Baetis* sp. из Ephemeroptera (поденки); *Isoperla* sp. из Plecoptera (веснянки); *Micronecta* sp. из Heteroptera (клопы), а также представители семейств Chironomidae и Ceratopogonidae из Diptera (двукрылые).



На вертикальных осях указано количество таксонов, на горизонтальных отмечены номера створов а-январь, б-апрель, в-июнь, г-сентябрь

Рисунок 1 – Сезонное распределение таксонов макрозообентоса участка р. Вилия

Следует отметить присутствие в качественных сборах инвазивного вида – пиявки *Caspiobdella fadejewi* на створе створ № 2 в весенний период.

На исследованных участках водотоков отмечены многочисленные организмы-индикаторы чистой воды – виды отрядов Plecoptera (веснянки), Ephemeroptera (поденки), Trichoptera (ручейники) (таблица 3).

Таблица 3 – Таксономическое разнообразие индикаторных групп донных макробеспозвоночных, ассоциированных с низким уровнем загрязнения на створах р. Вилия в различные периоды года

№	Таксономический состав	Номер створа																			
		Зимний период					Весенний период					Летний период					Осенний период				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

	Ephemeroptera (поденки):																			
1.	<i>Ametropus eatoni</i>	+		+				+												
2.	<i>Baetis sp.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
3.	<i>Caenis sp.</i>		+			+		+		+			+			+		+	+	
4.	<i>Centroptilum luteolum</i>									+										
5.	<i>Cloeon dipterum</i>											+	+			+				+
6.	<i>Ephemerella sp.</i>									+										
7.	<i>Ephemerella ignita</i>											+	+	+	+					
8.	<i>Heptagenia flava</i>											+	+	+	+	+				
9.	<i>Heptagenia fuscogrisea</i>	+	+	+	+	+					+	+					+		+	+
10.	<i>Heptagenia sulfurea</i>			+																
11.	<i>Isonychia ignota</i>												+			+				
12.	<i>Leptophlebia marginata</i>							+	+											
13.	<i>Potamanthus luteus</i>											+			+	+	+			
14.	<i>Procleon ornatum</i>											+	+	+						
15.	<i>Paraleptophlebia sp.</i>							+									+	+		+
16.	<i>Siphonurus aestivalis</i>							+	+		+									
17.	<i>Siphonurus lacustris</i>									+										
	Plecoptera (всехнянки):																			
18.	<i>Brachyptera risi</i>	+				+														
19.	<i>Ithytrichia lamellaris</i>																			
20.	<i>Isoperla sp.</i>		+	+	+	+	+		+							+			+	
21.	<i>Nemoura sp.</i>						+	+	+	+	+									
22.	<i>Taeniopteryx nebulosa</i>	+	+	+	+	+														
	Trichoptera (ручейники):																			
23.	<i>Anabolia soror</i>											+	+	+	+	+				
24.	<i>Brachycentrus subnubilus</i>		+		+	+											+		+	+
25.	<i>Cheumatopsyche lepida</i>									+										
26.	<i>Grammotaulius sp.</i>							+			+									
27.	<i>Hydropsyche sp.</i>		+		+	+					+									
28.	<i>Hydropsyche angustipennis</i>										+		+	+					+	
29.	<i>Hydropsyche contubernalis</i>							+												
30.	<i>Hydropsyche ornatula</i>											+					+		+	+
31.	<i>Hydropsyche pellucidula</i>											+			+					
32.	<i>Hydroptila sp.</i>											+					+	+		
33.	<i>Ithytrichia lamellaris</i>		+		+		+		+	+			+					+		
34.	<i>Leptocerus tineiformis</i>		+		+				+			+	+	+	+					
35.	<i>Limnephilus sp.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+		+		+		
36.	<i>Limnephilus flavicornis</i>	+	+	+	+															
37.	<i>Limnephilus politus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+		+									

42.	<i>Mystacides azurea</i>											+			+	+				+	+	
43.	<i>Mystacides longicornis</i>						+				+				+	+	+	+	+		+	+
44.	<i>Oecetis furva</i>							+														
45.	<i>Oxyethira sp.</i>						+															
46.	<i>Triaenodes bicolor</i>														+							
47.	<i>Trichoptera sp.</i>						+	+										+	+			

Для многих видов характерна сезонность, так, к примеру, поденки *Ephemerella ignita* и *Heptagenia flava* обнаружены только в летний период, веснянка *Taeniopteryx nebulosa* – только зимой. В летний и осенний периоды представители отрядов Plecoptera отмечены в единичных случаях, что обусловлено биологией данной группы, а ведь именно присутствие данного таксона дает наибольший вклад в величину модифицированного биотического индекса (МБИ). Наименьшее число видов из данных таксонов на створах р. Вилия обнаружено в осенний период. Тем не менее, наличие видов из других таксонов, присутствие которых также указывает на чистоту воды – Ephemeroptera, Trichoptera, а также большое количество обнаруженных видов на исследованных створах (таблица 2) обусловили высокую величину индекса МБИ (от 8 до 10) для всех периодов года (таблица 4).

Таблица 4 – модифицированный биотический индекс створов участка р. Вилия в различные периоды 2023 г.

Период	МБИ				
	Номер створа				
	1	2	3	4	5
Январь 2023 г.	9	9	9	9	8
Апрель 2023 г.	10	8	9	8	10
Июль 2023 г.	9	9	9	9	10
Сентябрь 2023 г.	9	8	10	9	8

Расчет модифицированного биотического индекса по макробеспозвоночным был определен согласно ТКП 17.13-17 для всех створов в каждый из периодов. Для реки Вилия, относящейся к бассейну Немана, при сравнении выявленных в исследовании значений МБИ с диапазонами значений МБИ для определения экологического состояния (статуса) речных экосистем основных бассейнов республики, приведенных в соответствующих приложениях ТКП (в случае индекса сапробности по фитоперифитону $\leq 1,65$), значения модифицированного биотического индекса для участков реки данного типа соответствуют I классу качества.

В рамках выполнения данной работы в 2023 г. было проведено рекогносцировочное обследование участка р. Виля. Были отобраны гидробиологические пробы и определен таксономический состав сообществ макрозообентоса. Обнаружены многочисленные организмы-индикаторы чистой воды отрядов Plecoptera (веснянки), Ephemeroptera (поденки), Trichoptera (ручейники), на их обнаружение оказывает влияние фактор сезонности. В результате работы был рассчитаны модифицированные биотические индексы для каждого участка р. Виля, обнаружена высокая величина индекса МБИ (от 8 до 10) для всех периодов года.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2022 год). – Минск, 2023. – URL: <https://www.cricuwr.by/static/files/ГВК%20за%202022.pdf> (дата обращения 12.01.2024).
2. Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический (лабораторный) контроль и мониторинг окружающей среды. Порядок отбора проб и определения гидробиологических показателей. Макрозообентос: ТКП 17.13-17-2014 (02120) – Минск: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды, 2014. – 9 с.
3. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В.А.Абакумов [др.]. – Госкомгидромет; под общ. ред. В.А.Абакумова. – Ленинград, 1983. – 239 с.
4. ТКП 17.13-24-2021 (33140) Охрана окружающей среды и природопользование. Отбор проб и проведение измерений, мониторинг. Порядок отнесения поверхностных водных объектов (их частей) к классам экологического состояния (статуса). – URL: https://www.ecoinfo.by/wp-content/uploads/2022/07/%D0%A2%D0%9A%D0%9F_17.13-24-2021.pdf (дата обращения 12.01.2024).

УДК 556.513:556.551:556.552:556.555

ТАВРЫКИНА ОКСАНА МИХАЙЛОВНА,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, начальник отдела гидрологии и водоохранных территорий, Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», Минск, Беларусь

ИВАШКО ЕГОР АЛЕКСАНДРОВИЧ,

младший научный сотрудник отдела гидрологии и водоохранных территорий, Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», Минск, Беларусь

МАКУСЬ АНТОН ЗДИСЛАВОВИЧ,

младший научный сотрудник отдела гидрологии и водоохранных территорий, Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», Минск, Беларусь

БУЛАК ИВАН АЛЕКСАНДРОВИЧ,

заведующий сектором использования водных ресурсов, Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», Минск, Беларусь

АКТУАЛИЗАЦИЯ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ ВОДОСБОРНОГО БАСЕЙНА И МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОХРАНИЛИЩА ЗЕЛЬВЯНСКОЕ

Приведены данные современного гидрографического состояния гидрологической сети бассейна водосбора водохранилища Зельвянское, срок эксплуатации которого составляет 40 лет, в работе отражено изменение морфометрических характеристик водохранилища в сравнении с проектными значениями.

Ключевые слова: водохранилище; гидрографическая сеть; водосборный бассейн; морфометрические характеристики; площадь поверхности воды; батиметрия; мощность донных отложений.

**TAVRYKINA OKSANA MIKHAILOVNA, IVASHKO EGOR ALEXANDROVICH, MAKUS
ANTON ZDISLAVOVICH, BULAK IVAN ALEXANDROVICH**

UPDATING THE HYDROGRAPHIC NETWORK OF THE CATCHMENT AREA AND MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE ZELVYANSKOYE RESERVOIR

The data of the current hydrographic state of the hydrological network of the Zelvyanskoye reservoir catchment basin, whose exploitation is 40 years, are presented, and the change in the morphometric characteristics of the reservoir in comparison with the design values is given.

Введение. Известно, что водохранилища представляют собой мощный резервуар запасов пресной воды, их исследование является неотъемлемой частью стратегии рационального

использования и охраны водных ресурсов любого государства для обеспечения его безопасности и независимости.

В последнее время экосистемы водохранилищ Республики Беларусь стали объектом пристального внимания. Это связано, в первую очередь с тем, что большинство действующих водохранилищ были построены до середины XX века и эксплуатируются более 40-50 лет, многие из них заилились, заросли, не используются по своему эксплуатационному назначению, их характеристики отличаются от проектных параметров и для них требуются ремонтные или восстановительные работы.

Водохранилище Зельвянское представляет собой крупный водный объект в Республике Беларусь, было создано в 1983 году путем строительства плотины на реке Зельвянка, служит для накопления воды и использования ее в орошении сельскохозяйственных угодий, энергетики, рекреации, рыболовства и регулирования стока реки [1]. Водохранилище расположено между г.п. Зельва и н.п. Ивашковичи, Новоселки, Бережки, Королин Зельвенского района на реке Зельвянка. Образовано путем создания земляной плотины на реке Зельвянка у н.п. Зельва. Чашей водоема служит пойма р. Зельвянка. По характеру заполнения котловины оно относится к типу речных руслово-пойменных водохранилищ. Водохранилище сезонного регулирования [2].

Изучение современного гидрографического состояния гидрологической сети бассейна водосбора и уточнение гидроморфометрических характеристик водохранилища является важнейшей научно-прикладной задачей повышения эффективности его эксплуатации.

Основная часть. По данным проведенных в РУП «ЦНИИКИВР» инвентаризаций, согласно реестру поверхностных водных объектов государственного водного кадастра, гидрографическая сеть водосборного бассейна водохранилища Зельвянское очень густая – в ней насчитывается около 400 водотоков как естественных, так и искусственных, и 36 водоемов. Сеть представлена естественными притоками 1-го и 2-го порядка, естественными и искусственными водотоками последующих порядков. К притокам 1-го порядка водохранилища относятся реки Зельвянка, Мештовка и ручей без названия в н.п. Горна (таблица 1). Основным источником поступления воды в водохранилище является река Зельвянка, поскольку она составляет основную часть водосборного бассейна. В бассейне реки также наблюдаются притоки 2-го и 3-го порядка, несколько систем мелиоративных каналов и небольшое количество водоемов площадью менее 1 км².

Таблица 1 – Основные притоки водохранилища Зельвянское

Приток	Порядок притока	Категория притока	Длина, км	Площадь бассейна, км ²	Густота речной сети, км/км ²
Зельвянка	1	Река малая	85	1114	0,41
Мештовка	1	Река малая	10	44	0,34
Ручей у н.п. Горно	1	Ручей	5	19	0,26
Щиба	2	Река малая	19	143	0,32
Ружанка	2	Река малая	25	225	0,42
Сасва	2	Река малая	25	135	0,42
Мутьвица	2	Река малая	17	-	-
Поплава	2	Река малая	10	46	0,21
Тростянка	2	Река малая	8	-	-
Ивановка	2	Река малая	11	58	0,17

Всего в водосборном бассейне водохранилища Зельвянское протекает около 400 водотоков и расположено 36 водоемов. Все они оказывают влияние на формирование объема и состава воды водохранилища (рисунок 1).

Водосборная территория водохранилища Зельвянское ограничена гидротехническими сооружениями, которые регулируют сток реки Зельвянка.

Русловая котловина, к которой принадлежит водохранилище Зельвянское, является источником воды для системы мелиоративных каналов, исток которых расположен в месте сброса воды из водохранилища через трубу водозаборного сооружения.

Водохранилище имеет вытянутую форму длиной 9 км и средней шириной 2 км. Северо-восточная часть водоема укреплена дамбой длиной 2,67 км, примыкающей к земляной плотине на севере. Водосборная территория водохранилища расположена в 6 районах: Волковском, Зельвенском, Ивацевичском, Пружанском, Свислочском, Слонимском (рисунок 1).

Характерная черта водохранилища – наличие приплотинного озеровидного расширения. Ее площадь составляет 8,59 км², что в 4,83 раза превышает верхнюю часть (речную).

Перед вводом водохранилища в эксплуатацию был разработан паспорт водного объекта с проектными характеристиками. Согласно паспорту водохранилища Зельвянское, его площадь составляет 11,9 км², длина – 9 км, ширина – 2 км, глубина максимальная – 7,5 м, средняя – 2,62 м [3] (таблица 2).

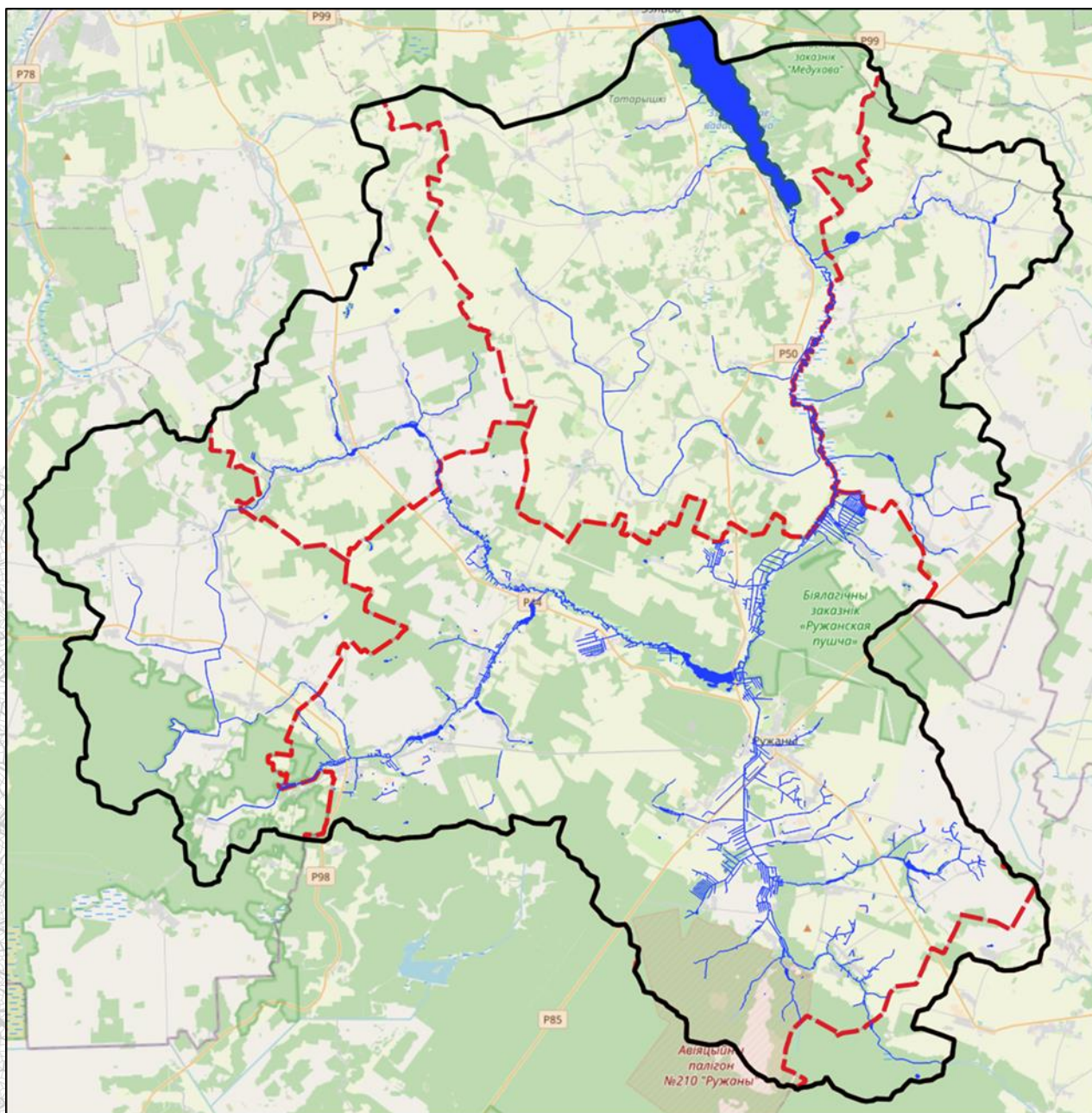


Рисунок 1 – Карта-схема водосборного бассейна водохранилища Зельвянское

Рельеф водосборной территории водохранилища преимущественно холмистый, распаханность – 40 %, залесенность – 16 %, заболоченность – 15 % [2].

Проведение современных морфометрических измерений показало, что площадь поверхности воды водохранилища Зельвянское составляет 10,37 км² (таблица 2). Актуальная длина водохранилища – 9,0 км, ширина: максимальная – 2,0 км, средняя – 1,15 км; глубина максимальная – 7,5 м, средняя – 2,19 м. Объем: полный – 21,65 млн. м³, полезный – 12,84 млн. м³ (таблица 2).

Проведя анализ имеющейся информации, было выявлено уменьшение площади водохранилища ~0,3 км². Уточненная площадь водосбора составляет 1273,02 км². Густота речной сети – 29,5 км/км².

Расчеты показали, что полное обновление воды в водохранилище в начале его эксплуатации составляло 7 раз в год, в настоящее время из-за уменьшающейся проточности в результате заиливания и зарастания – 4 раза в год.

Обращает на себя внимание увеличение распаханности водосборной территории водохранилища Зельвянское на 10 %, что повышает риск поступления биогенных элементов со стоком с полей в поверхностные водные объекты и снижение заболоченности территории на 10 % также ухудшает гидрологический режим водосбора.

Таблица 2 – Проектные и актуальные морфометрические характеристики водохранилища Зельвянское и его водосборной территории

Показатель	Проектный (1980 г.)	Актуальный (2023 г.)
Площадь водохранилища, км ²	11,9	10,37
Длина водохранилища, км	9	9
Ширина средняя водохранилища, км	1,32	1,15
Ширина максимальная водохранилища, км	2	2
Глубина средняя, м	2,62	2,19
Глубина максимальная, м	7,5	7,5
Объем: полный, млн км ³	28	21,65
полезный, млн км ³	17,6	12,84
Длина водораздельной линии, км	156	209,3
Площадь водосбора, км ²	1215,00	1273,02
Длина водосбора, км	54	47,3
Ширина водосбора: средняя, км	23	26,9
максимальная, км	35	39,8
Коэффициент асимметрии бассейна	0,57	0,49
Коэффициент развития водораздельной линии	1,27	1,654
Густота речной сети, км/км ²	29,5	29,5
Распаханность, %	40	50
Залесенность, %	16	34
Заболоченность, %	15	5

Измерение актуальных батиграфических характеристик водохранилища показало, что средняя глубина водоема составляет 2,19 м, максимальная – 7,5 м. Наибольшие глубины отмечаются в месте бывшего русла реки Зельвянка и понижениях рельефа бывшей поймы (рисунок 2).

Верхняя часть водохранилища очень мелководная, измеренная глубина по всей ширине составляет не более 2 м, есть участки, где глубина не превышает 0,5 м. В целом, распределение

водохранилища по глубинам в настоящее время выглядит следующим образом: 25,46 % занимает акватория с глубиной менее 1 м, 29,24 % с глубиной 1-2 м, 22,57 % с глубиной 2-3 м, 12,32 % с глубиной 3-4 м, 7,74 % с глубиной 4-5 м, 2,23 % с глубиной 5-6 м, 0,37 % с глубиной 6-7 м, 0,07 % с глубиной свыше 7 м.

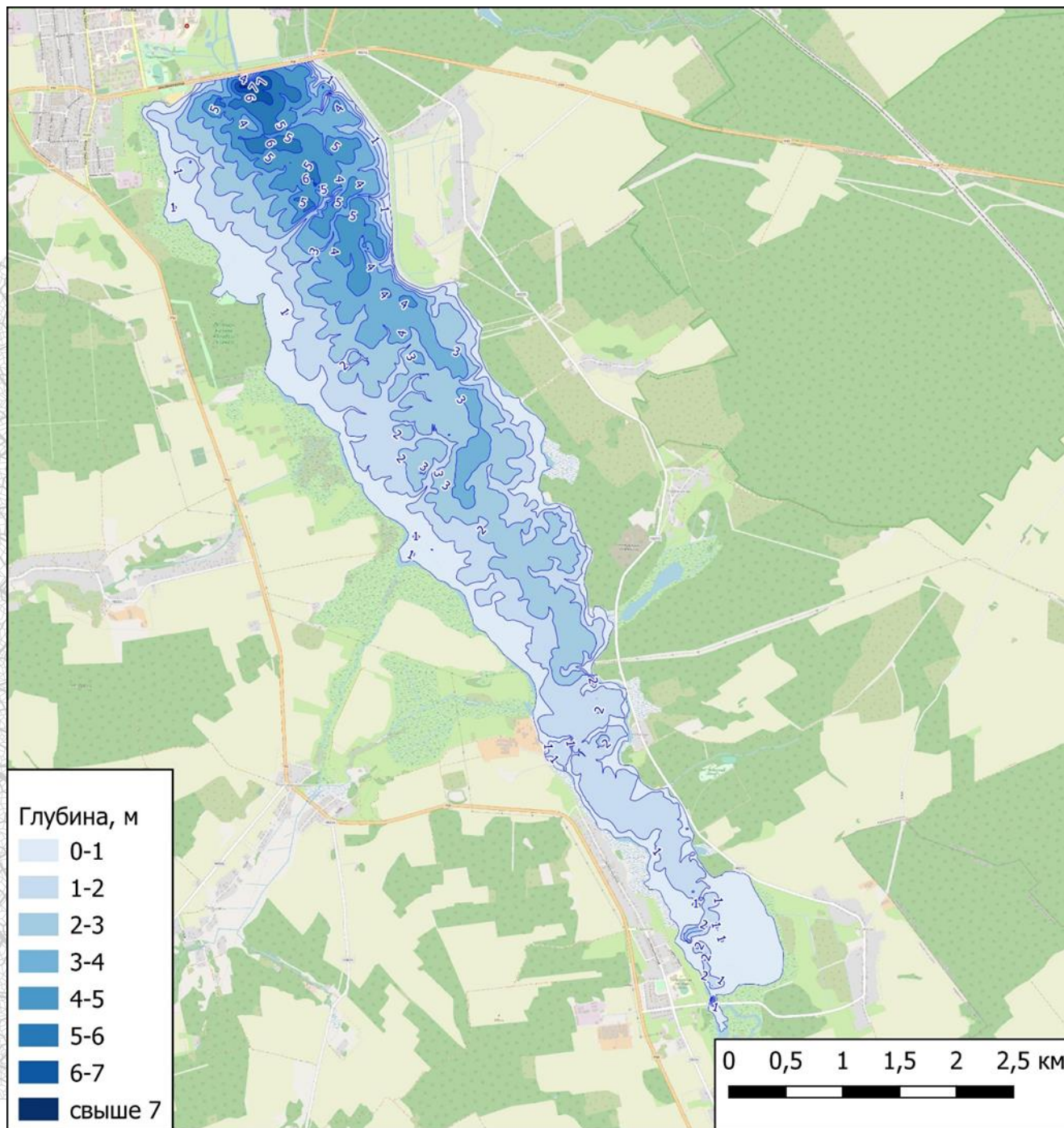


Рисунок 2 – Батиметрическая карта водохранилища Зельвянское (11.10.2023)

Наиболее глубинные участки наблюдаются возле дамбы и в русловой части реки.

Современный объем водохранилища составляет 21,65 млн. м³, из которого 12,84 млн. м³ является полезным, а 8,81 млн. м³ – мертвым. Согласно паспортным данным объем водохранилища в 1983 г. составлял 28 млн. м³, из которых 17,5 млн. м³ приходится на полезный объем, 10,5 млн. м³ на мертвый объем.

По данным картографических источников, ДЗЗ и натурным обследованиям, рассчитанная площадь зарастания акватории водохранилища надводными макрофитами составляет примерно 1,028 км² или ~10% от всей площади водохранилища.

Наибольшая водная растительность отмечается у русловой ложбины, в месте впадения реки Зельвянка в водохранилище. В русловой ложбине реки Зельвянка наблюдаются островки с растительностью и сплавины. Кроме верховий, область зарастания акватории сосредоточена также вдоль береговых линий у сельских населенных пунктов.

Залегание донных отложений отмечается по всему ложу водохранилища со средней мощностью 34 см. Наибольшие мощности отмечаются у берегов южной части водоема, в местах сплошного зарастания. В верховье мощности достигают 42 см. В нижней части мощность донных отложений варьирует от 5 до 10 см. У плотины дно представлено фракцией песков и скоплениями камней, органического характера донных отложений практически нет. Удельное распределение донных отложений по мощности следующее: 0,83 % ложа с наибольшей мощностью 0,4-0,45 м, 12,56 % с мощностью 0,35-0,40 м, 17,05 % с мощностью 0,30-0,35 м, 8,76 % с мощностью 0,25-0,30 м, 11,13 % с мощностью 0,20-0,25 м, 10,26 % с мощностью 0,15-0,20 м, 7,75 % с мощностью 0,10-0,15 м, 17,5 % с мощностью 0,05-0,10 м, 14,16 % с мощностью 0,0-0,05 м.

Доминирующими видами ихтиофауны водохранилища Зельвянское являются (в порядке убывания): лещ, окунь, карась, красноперка, линь, щука и плотва.

В конце июня - начале июля 2022 года в водохранилище Зельвянское произошел масштабный замор рыбы. По разным оценкам погибло от 3500 до 9000 особей [4]. Гибель рыбы наблюдалась, как правило, либо в период стабильно высоких температур воздуха и воды, либо в период их резкой смены. Однако ни повышение температуры, ни ее резкие перепады, ни колебания других гидрохимических показателей (рН, содержание растворенного кислорода, органических и минеральных веществ), ни присутствие в воде сине-зеленых водорослей и условно-патогенных бактерий, ни загрязнения – ни один из этих факторов по отдельности не объясняет гибели рыбы и не является ее прямой причиной.

Для установления истинной причины необходимо рассматривать все эти факторы в комплексе, причем вести мониторинг на протяжении достаточно длительного времени [5].

Ихтиопатологическое состояние водоема в целом удовлетворительное. Выявлены эпизоотии лигулеза и постодипластомоза у леща. Несмотря на то, что заболевания рыб не опасны для человека, они оказывают негативное влияние на популяцию леща в водоеме и в целом на состояние ихтиофауны.

Заключение. Водохранилище Зельвянское за время существования (40 лет) претерпело существенные изменения морфометрических показателей по сравнению с проектными данными. Площадь водохранилища сократилась на 13 %, средняя ширина – на 0,17 км, средняя глубина – на 0,43 м, полный объем снизился на 6,35 млн.км³ или на 23 %, полезный объем снизился на 4,76 млн.км³ или 27 %. Значения длины и максимальной ширины водохранилища не претерпели изменений. Полное обновление воды в водохранилище в начале его эксплуатации составляло 7 раз в год, в настоящее время из-за уменьшившейся проточности составляет 4 раза в год.

В настоящее время средняя глубина водохранилища составляет 2,19 м, максимальная – 7,5 м. Наибольшие глубины отмечаются в месте бывшего русла реки Зельвянка и понижениях рельефа бывшей поймы.

По данным картографических источников, ДЗЗ и натурным обследованиям, рассчитанная площадь зарастания акватории водохранилища макрофитами составляет примерно 1,028 км² или ~10% от всей площади водохранилища, в большей степени локализация зарастания сосредоточена у русловой ложбины, в месте впадения реки Зельвянка в водохранилище. В русловой ложбине реки Зельвянка наблюдаются островки с растительностью и сплавины. Определение мощности донных отложений водохранилища Зельвянское показало наличие сильно заиленного участка в верхней части, где мощность донных отложений достигает 42 см.

Данные исследования позволят реализовать комплекс мероприятий, направленных на оздоровление водохранилища Зельвянское и приведение его в надлежащее состояние, включающие механическую очистку от растительности и донных отложений и биологическое манипулирование ихтиофауны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Водохранилища Беларуси: справочник / Под общей редакцией д.т.н. М. Ю. Калинина. – Мн.: ОАО «Полиграфкомбинат им. Я. Коласа», 2005. – 182 с.

2. Водохранилища Белоруссии: природные особенности и взаимодействие с окружающей средой / Под ред. В.М. Широкова. – Мн.: Университетское, 1991. – 208 с.

3. Водохозяйственный паспорт водохранилища «Зельва» Зельвенского района Гродненской области БССР / Белорусский государственный институт по проектированию водохозяйственного и мелиоративного строительства «Белгипроводхоз» – Минск, 1980 – 12 с.

4. Отраслевой технологический регламент ведения рыбоводства в поверхностных водных объектах (водоемах комплексного назначения) / В.Г. Костоусов [и др.] – Минск, 2017. – 41с.

5. Рыбоводно-биологические нормы для эксплуатации прудовых и садковых хозяйств Беларуси (утв. МСХП 13.11.2008г.). – РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству». – Минск, 2008. – 119 с.

ISSN 1810-9810 (Print)

УДК 504.4

МУЗЫКИН ВИКТОР ПАВЛОВИЧ

заведующий сектором гидроэкологических обоснований и прогнозирования;

РЫЖОВА ВАЛЕРИЯ КОНСТАНТИНОВНА

младший научный сотрудник

Республиканское унитарное предприятие "Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов"; Минск, Беларусь

**ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В
БАССЕЙНАХ ПРИПЯТИ И ЗАПАДНЫЙ БУГ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ
КЛИМАТА НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ
МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

Выполнен сравнительный анализ изменения гидрологического и гидродинамического режимов поверхностных и подземных вод в бассейнах Припяти и Западного Буга с применением математической статистики. Для исследований использованы результаты мониторинга поверхностных и подземных вод Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС). На основе результатов статистической обработки данных наблюдений дано обоснование основных факторов формирования режима подземных вод в современных условиях и выполнен прогноз изменения современного гидродинамического режима подземных вод для исследуемой территории.

Ключевые слова: грунтовые воды; напорные воды; гидродинамический режим; пункт наблюдения; мониторинг; многолетние колебания; разностные кривые; статистические данные.

VICTOR MUZYKIN,

head of the sector of hydroecological justifications and forecasting;

VALERYIA RYZHOVA,

junior research assistant; Central Research Institute for Complex Use of Water Resources; Minsk, Belarus

**RESEARCHES AND FORECAST OF THE GROUNDWATER REGIME IN THE AREA OF THE
PRIPYAT RIVER BASIN BASED ON STATISTICAL PROCESSING OF GROUNDWATER
MONITORING OBSERVATIONS**

A comparative analysis of changes in the hydrological and hydrodynamic regimes of surface water and ground water in the basin of the Pripyat and Zapadnyy Bug at the site of their intensive drainage with the use of mathematical statistics is performed. For the research, data from the monitoring of surface and ground water of the NSMOS. Based on the results of statistical processing of observational data, the substantiation of the main regime-forming factors of the formation of the ground water regime in modern conditions, as well as the conditions of mutual influence of surface and groundwater, is given. The hydrodynamic regime of groundwater

and pressure water has been typified. The forecast of changes of the modern hydrodynamic regime of ground water for the studied area has been constructed.

Keywords: groundwater; pressure water; hydrodynamic regime; observation point; monitoring; long-term fluctuations; difference curves; statistical data.

Введение. Гидрогеологические расчеты, в том числе исследование режима подземных вод, требуют надежных исходных данных о гидрогеологической обстановке на изучаемой территории. В первую очередь относятся условия залегания, основные гидродинамические параметры колебаний уровней и фильтрации подземных вод. В практике для определения этих параметров могут применяться и данные регулярных режимных наблюдений. Имея мониторинговые данные, можно оценить расчетные гидродинамические характеристики потоков подземных вод на характерные периоды временных рядов и в целом получить требуемую оценку изменения их во времени. Для достоверной оценки взаимовлияния поверхностных и подземных вод остается только необходимость получения информации о параллельных соотношениях уровней поверхностного водного объекта и подземных вод.

Для оценки изменения режима подземных вод в пределах исследуемой территории в условиях взаимовлияния с поверхностными водами использован метод сравнительного гидрогеологического анализа с элементами математической статистики. Закономерности многолетних колебаний уровней поверхностных и подземных вод на участках постов статистически оценены по следующим направлениям:

- 1) использование многолетних (за 1989–2020 гг.) среднемесячных данных изменения уровней воды в реках, уровней УГВ и УНВ на участках гидрогеологических постов, и построение на их основе хронологических графиков и разностных интегральных кривых по методикам [1–3];
- 2) выделение ритмичности хода уровней поверхностных и подземных вод в многолетнем разрезе и построение кривых модульных коэффициентов их изменения также по методикам [1–3];
- 3) оценка статистического распределения уровней путем расчета коэффициентов относительного положения уровней УГВ и УНВ для характерных сезонных периодов наблюдений (весна и лето);

Применение графиков разностных интегральных кривых позволило проследить направленность развития природных (или техногенных) процессов, в том числе оценить проявление ритмичности

изменения уровней в многолетнем разрезе. Экстремальные значения на интегральной кривой фактически определяют временную ритмичность хода уровней, поскольку их абсциссы соответствуют времени наступления среднееголетней нормы уровня подземных вод (уровня воды в водотоке) после соответствующего их падения или повышения. Расчет модульных коэффициентов позволил проследить количественные изменения отклонения уровней уже по сезонам, т. е. применение данного метода дает возможность проведения сравнительной оценки сезонных (природных или техногенных) колебаний уровней поверхностных и подземных вод в различных пунктах наблюдений.

Характеристика закономерностей режима поверхностных вод. Графики разностных интегральных кривых и модульных коэффициентов для опорных гидрологических постов приведены на рис.1.

Анализ разностных интегральных кривых показал, что водный режим больших и средних рек Припять, Уборть, и Горынь до 2013 г. формировался в благоприятных природных водно-балансовых условиях с колебаниями уровней преимущественно выше или на уровне среднееголетних отметок.

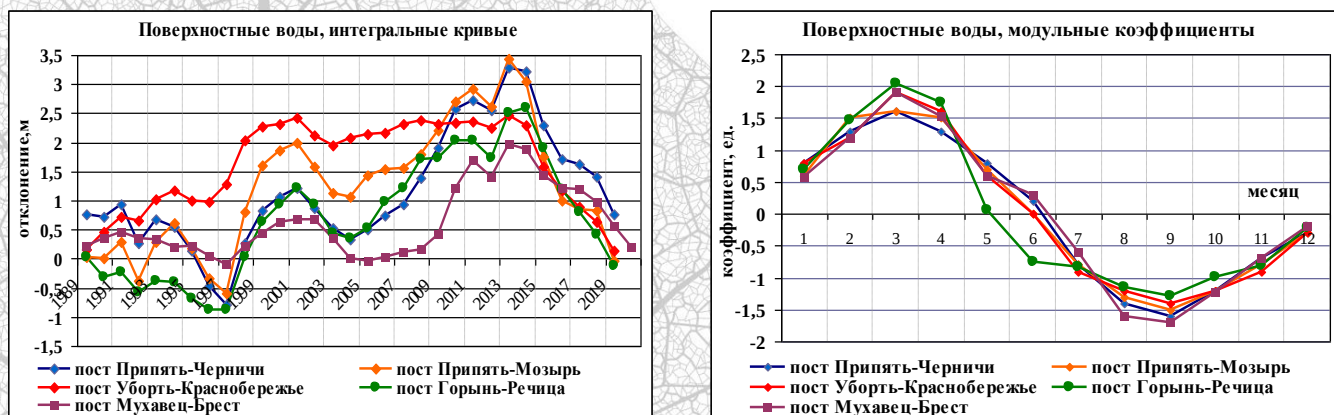


Рис. 1. Расчетные разностные интегральные кривые и графики модульных коэффициентов колебаний уровня воды для рек Припять, Уборть и Горынь

Для режима рек была характерна ритмичность хода уровней воды, на интегральных кривых для рек по экстремальным положительным значениям могут быть выделены малые ритмы в 3–7 лет (например, 1991–1994, 1995–2001 гг.) и большой ритм в 12 лет (2001–2013 гг.), что может быть связано с солнечной активностью. В современных условиях с 2013 г. осуществляется ритм падения фактических уровней воды в реках ниже среднееголетних отметок, что соответствует формированию маловодной фазы колебаний уровней воды. Для рек Припять, Уборть и Горынь кривые модульных коэффициентов асимптотически соответствуют друг другу, что указывает на сходные

закономерности в формировании сезонных режимов изменения уровней воды в реках: пониженное питание и установление уровней воды ниже среднееголетних норм в июле–январе (экстремальный минимум – сентябрь), повышенное питание и установление уровней воды выше нормы в феврале–июне (экстремальный максимум – март). Аналогичные синхронные закономерности установлены и для хода уровней воды в других притоках Припяти – средних реках Птичь, Горынь, Лань, Оресса, Ясельда. Следует добавить, что данные закономерности свойственны и для крупных рек другого речного бассейна, находящегося в южной части Беларуси – Зап. Буг и Мухавец (см. рис.1).

Для малых рек бассейна Припяти такая аналогия отсутствует: режим изменения уровней воды в водотоках является асинхронным крупным и средним рекам, ритмичность хода уровней выражена не столь явно, ритм падения уровней с 2013 г. также не выражен, а сроки сезонных изменений уровней воды, как показывают графики модульных коэффициентов, являются несколько сдвинутыми. Подобные многолетние и сезонные изменения уровней воды в малых водотоках присущи и для малых рек бассейна реки Зап. Буг (рисунок 2).

Характеристика закономерностей гидродинамического режима подземных вод. По имеющимся данным [4], в гидродинамическом отношении в пределах территории выделяются безнапорные (грунтовые) и напорные подземные воды.

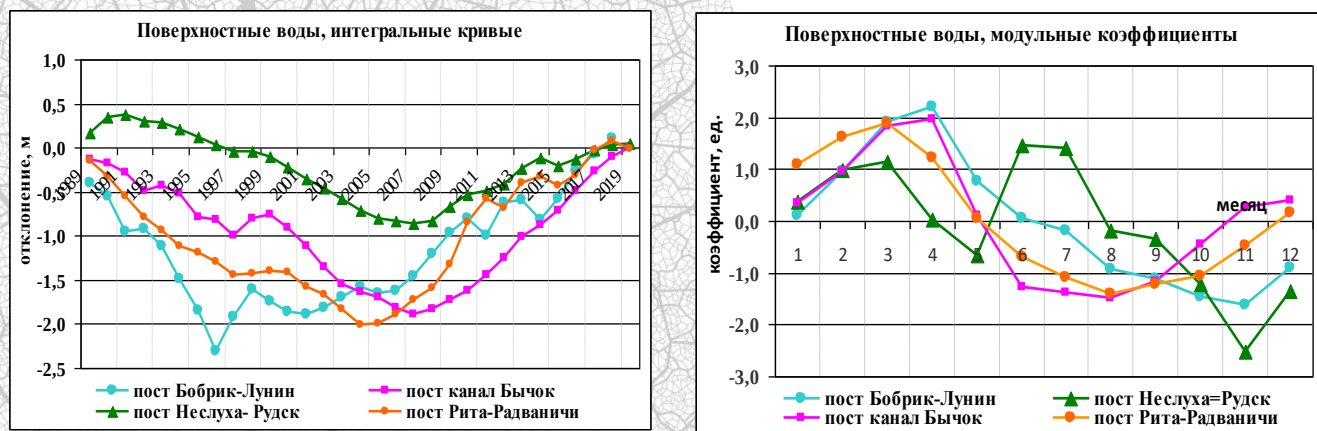


Рис. 2. Расчетные разностные интегральные кривые и графики модульных коэффициентов колебаний уровня воды некоторых малых рек Припяти и Зап.Буг

Естественный (слабонарушенный) режим грунтовых вод. Графики разностных интегральных кривых и модульных коэффициентов для грунтовых вод, формируемых на участках опорных гидрогеологических постов, представлены на рис. 2.

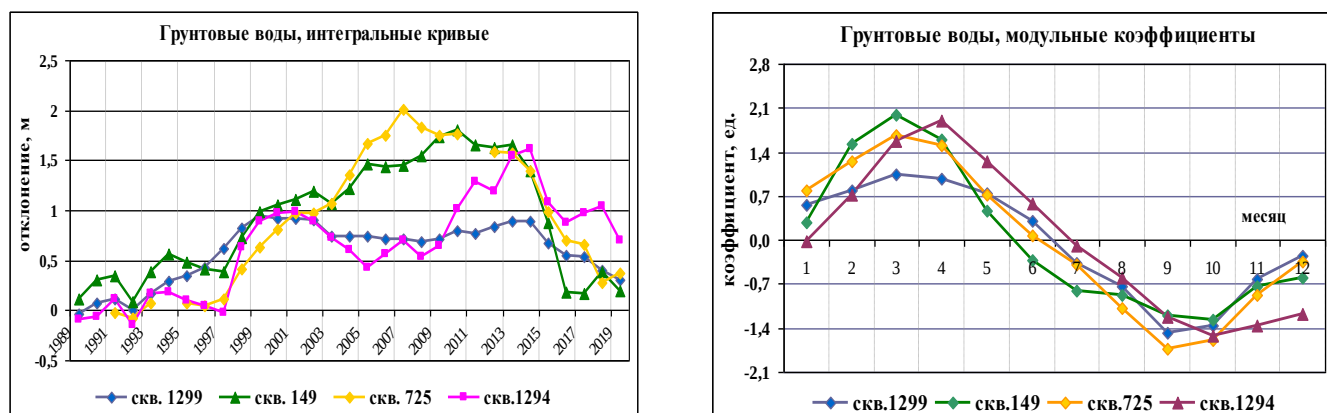


Рис. 3. Графики интегральных кривых и модульных коэффициентов многолетних колебаний УГВ на участках гидрогеологических постов Симоничско Рудненский (скв. 1299), Ситненский (скв. 149), Туровский (скв. 1294) и Ленецкий (скв. 725)

Многолетние и сезонные колебания УГВ на участках гидрогеологических постов имеют общие сходные закономерности с поверхностными водами, обусловленные природными факторами, а также и некоторые отличия.

Многолетний режим УГВ в пределах речных долин Припяти и Зап.Буг являлся синхронным режиму речных водотоков, а с 2013 г. так же как и для рек отмечался цикл спада УГВ в среднем ниже среднемноголетних норм, продолжающийся до настоящего времени. Примером такого синхронного хода УГВ является участок опорного поста Ситненский, скв.149 (см. рис. 3). На удалении от долин рек, многолетний режим УГВ уже является не столь синхронным режиму речных водотоков (соответственно, скв. 1299, 1294 и 725). Но здесь также с 2013 г. как и для рек и УГВ речных долин отмечается цикл спада УГВ в среднем ниже среднемноголетних норм, продолжающийся до настоящего времени.

Естественный (слабонарушенный) режим напорных вод. Напорный режим формирования подземных вод исследован для водоносных комплексов неоген-палеогеновых, верхнемеловых, верхнедевонских и верхнерифейских отложений. Графики разностных интегральных кривых и модульных коэффициентов для напорных вод неоген-палеогеновых и верхнемеловых отложений представлены на рис. 5.

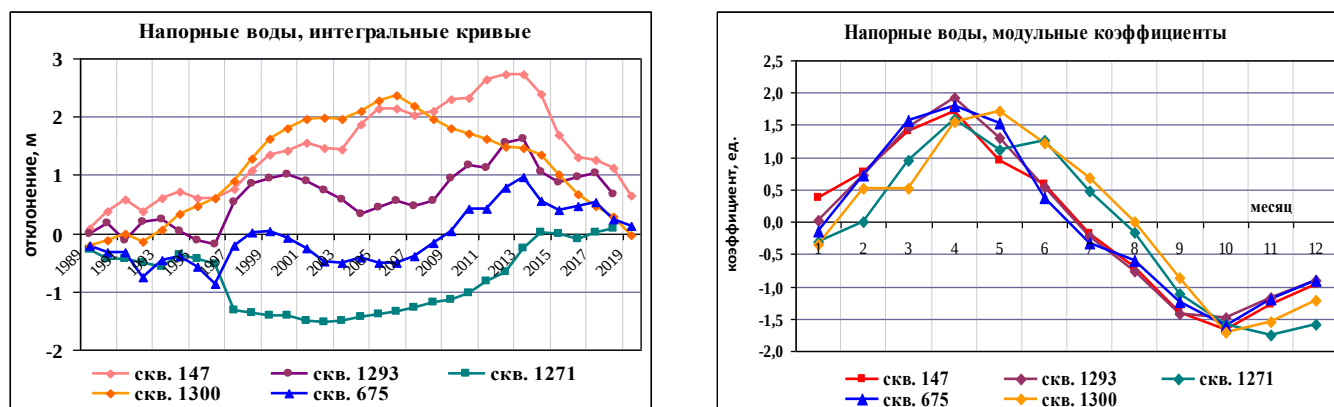


Рис. 4. Графики интегральных кривых и модульных коэффициентов многолетних колебаний напорных вод в пределах исследуемой территории на участках гидрогеологических постов Ситненский (скв. 147), Снядинский (скв. 675), Туровский (скв. 1292), Млынокский (скв. 1271) и Симоничско-Рудненский (скв. 1300)

Многолетний режим напорных вод водоносных комплексов неоген-палеогеновых и верхнемеловых отложений, как показали материалы статистической обработки данных наблюдений, формируется в условиях достаточно активной взаимосвязи с грунтовыми, субнапорными и поверхностными водами. В результате режим УНВ напорных вод также может быть синхронным к ним, асинхронным и переходного типа. Синхронным режим напорных вод является, как правило, только в долине Припяти. Примером такого хода на рис. 4 могут быть колебания УНВ водоносного палеогенового комплекса на участке Ситненского и Туровского гидрогеологических постов (скв. 147 и 1293). Примерами переходного и асинхронного режима напорных вод, имеющих на плоских аллювиальной и флювиогляциальной равнинах бассейна Припяти, являются, соответственно, колебания УНВ на участках скв. 1300 Симоничско-Рудненского, скв. 675 Снядинского и скв. 1271 Млынокского постов. Но, так же как и для рек и УГВ, для напорных вод, характеризующихся синхронным и переходным типами режимов, после 2013 г. отмечается цикл спада УНВ в среднем ниже среднеемноголетних норм, продолжающийся до настоящего времени.

Нарушенные условия. Нарушенные условия формирования режима колебаний УГВ отражают графики интегральных кривых и модульных коэффициентов для условий формирования грунтовых вод на участке водозабора Лучежевичи и карьера Гранит, представленных на рис. 7

Прогноз гидродинамического режима подземных вод. Прогноз формирования гидродинамического режима для исследуемой территории основан на следующих положениях:

1). Статистическая обработка данных наблюдений показала, что в хронологических графиках колебаний поверхностных и подземных вод существуют многолетние ритмы спадов/подъемов уровней, средней продолжительностью 12 лет. Соответственно, концепция выполненных прогнозных расчетов изменения гидродинамического режима основана на учете подобной ритмичности хода УГВ и УНВ – начавшийся в 2013 г. в пределах исследуемой территории 12-летний ритм общего спада УГВ и УНВ, ориентировочно с 2026 г. сменится на ритм подъема.

2). Пользуясь графиками связи уровней (летних минимальных с весенними максимальными) для периода последнего ритма спада УГВ и УНВ в 2013-2022 гг. (здесь в статье не приводятся), осуществлено удлинение на пять лет, до 2026 г., рядов наблюдений для гидрогеологических постов с использованием методов, рекомендуемых в [1-3].

3). С использованием поправок для корректировки выборок в размере коэффициентов прогнозного максимального сезонного изменения стока рек в зимне-весенний и летне-осенний периоды (в соответствии с прогнозом изменения речного стока, представленным в [5]), осуществлено распределение удлинённых рядов наблюдений за 2013-2025 гг. в обратном порядке. Полученные ряды значений выборок приняты в качестве прогнозных временных рядов на 2026-2035 гг. и с их помощью рассчитаны прогнозные коэффициенты (K_{om} , %) относительного положения уровней подземных вод от среднеемноголетних норм), возможных на участках гидрогеологических постов на период 2026-2035 гг.

Результаты прогнозных расчетов показали, что характер хода УГВ в речных долинах и прилегающих к Припяти и Зап.Бугу аллювиальных равнинах низкого уровня будет формироваться в условиях роста положительных значений K_{om} (то есть, установления глубины залегания подземных вод в среднем на уровне и выше среднеемноголетних норм), как в весенний период, так и в летний период. Отклонение коэффициента относительного положения уровня K_{om} от современных условий может составить 8-21% в зимне-весенний период и 20-60% – в летне-осенний.

На водосборах бассейнов Припяти и Зап.Буг, характер хода УГВ и УНВ также может претерпеть некоторое перераспределение условий связи весенних максимальных и летних минимальных уровней, что будет выражаться в отклонении коэффициента относительного положения уровня K_{om} от современных условий в пределах 3-30% в весенний и летне-осенний периоды, что, опять же, может обеспечить вероятность установления глубины залегания подземных вод в среднем за год на уровне и даже выше среднеемноголетних норм.

Заключение. В статье изложены данные статистического распределения уровней УГВ и УНВ в бассейнах рек Припять и Зап.Буг за период 1989-2022 гг., а также их прогноза на период 2026-2035 гг., которые показали следующие результаты:

а) В ходе многолетних колебаний уровней поверхностных и подземных вод существуют многолетние ритмы спадов/подъемов уровней, предположительно связанные с солнечной активностью, средней продолжительностью около 12 лет. Гидродинамический режим УГВ и УНВ может быть синхронным, переходным и асинхронным по отношению к уровенному режиму рек Припяти, Зап.Буг и их притоков – средних рек. Режимы малых рек в бассейнах рек в годовом разрезе не имеют синхронности с режимами Припяти и ее притоков, подобным образом осуществляется режим малых водотоков и в пределах другого водосбора южной части Беларуси – реки Зап. Буг. Наличие подобного асимптотического несоответствия для сезонных режимов малых водотоков, может указывать на наличие техногенной составляющей в их режимах, чем может быть, главным образом, мелиоративное осушение.

б) С 2013 г. осуществляется многолетний спад уровней воды, но ход УГВ и УНВ в речных долинах и прилегающих равнинах характеризуется природной однородностью распределения уровней с положительными значениями $K_{от}$ в зимне-весенний период и с неустойчивым поведением (главным образом, установлением ниже среднемноголетних норм) в летне-осенний период, что способствует наличию условий средней водности для поверхностных водных объектов и подземных вод в среднем за год.

в) На период до 2035 г. гидродинамический режим подземных вод будет претерпевать некоторые изменения при сохранении своей природной однородности распределения уровней, существенных тенденций в изменениях режимных факторов, которые могут повлиять на гидродинамический режим грунтовых и напорных вод, находящихся в естественных (слабонарушенных) условиях, в перспективе до 2050 года в бассейнах рек Припяти и Зап.Буг не произойдет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Применение методов математической статистики для анализа и прогноза режима уровня подземных вод (методические указания). – М: ВСЕГИНГЕО, 1967. – 107 с.
2. Ковалевский, В.С. Исследования режима подземных вод в связи с их эксплуатацией/ В.С. Ковалевский. – М: Недра, 1986. – 198 с.
3. Коноплянцев, А.А., Семенов, С.М. Прогноз и картирование режима грунтовых вод/ А.А. Коноплянцев, С.М. Семенов. – М: Недра, 1974. – 216 с.
4. Козлов, М.Ф. Гидрогеология Припятского Полесья. В 2-х томах/ М.Ф. Козлов. – Мн.: Изд-во «Наука и техника», 1977, 272 с.
5. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата/ Под общей редакцией А.А. Волчека, В.Н. Корнеева. – Брест: Альтернатива, 2017. – 228 с.

УДК 004: 67

КЛЕБАНОВИЧ АНТОН НИКОЛАЕВИЧ

научный сотрудник отдела мониторинга окружающей среды республиканского научно-исследовательского унитарного предприятия «Бел НИЦ «Экология»,
Минск, Республика Беларусь

ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Основная цель выполненной работы – изучение распространения опасных гидрологических явлений с помощью ГИС на примере реки Неман. Для этого была отобрана и обобщена статистическая гидрологическая информация, на основе которой в среде ГИС были созданы и проанализированы карты зон подтопления.

Ключевые слова: гидрологические явления; ГИС, статистическая информация, карты зон подтопления.

GIS MAPPING OF HAZARDOUS HYDROLOGICAL PHENOMENA

The main goal of the work performed is to study the distribution of hazardous hydrological phenomena using GIS using the example of the Neman River. For this purpose, statistical hydrological information was selected and summarized, on the basis of which maps of flood zones were created and analyzed in a GIS environment.

Key words: hydrological phenomena; GIS, statistical information, flood zone maps.

Введение. Объект исследования – опасные гидрологические явления. Цель исследования – выполнить ГИС-моделирование опасных гидрологических явлений на региональном уровне (на примере бассейна р. Неман). Основные задачи: изучить существующий опыт выявления и картографирования опасных гидрологических явлений; проанализировать гидрологическую статистику за многолетний период и подготовить данные для использования в проекте; выполнить моделирование в среде ГИС и разработать основные принципы выделения территорий с наибольшими гидрологическими рисками.

Материалы и методы. В качестве исходных данных использовались цифровая модель высот SRTM, данные «Гидрологического ежегодника СССР 1985г.» [1]. Созданная нами топографическая основа на основе данных полученных из ресурса OpenStreetMap согласно методики, изложенной в [2]. Были импортированы следующие слои:

1. *Дороги* (шоссейные дороги, дороги с твердым покрытием)
2. *Реки* (линейные векторные объекты)
3. *Озера* (полигональные векторные объекты)
4. *Населенные пункты* (пунсоны)
5. *Населенные пункты* (полигональные объекты)
6. *Леса* (полигональные объекты)



Рисунок 1 – Схема размещения пунктов мониторинга

При построении карт зон затопления в ГИС необходимо создание цифровой модели рельефа (ЦМР), по которой уточняются конфигурация и положение форм микрорельефа (западин, ложбин и т. д.), границы структурных элементов речных долин и прочие геоморфологические элементы, хорошо различаются плоские и слабовыпуклые вершины водоразделов, которые не всегда можно выделить по топографической карте. По имеющимся данным была создана GRID-модель территории по каждому из исследуемых параметров.

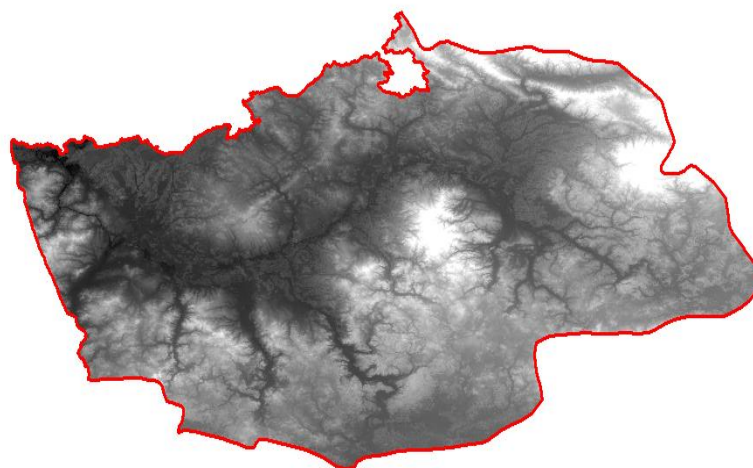


Рисунок 2 – ЦМР в границах бассейна р. Неман

Результаты и обсуждение. В результате анализа всех параметров были выделены участки с высокой угрозой возникновения опасных гидрологических явлений.

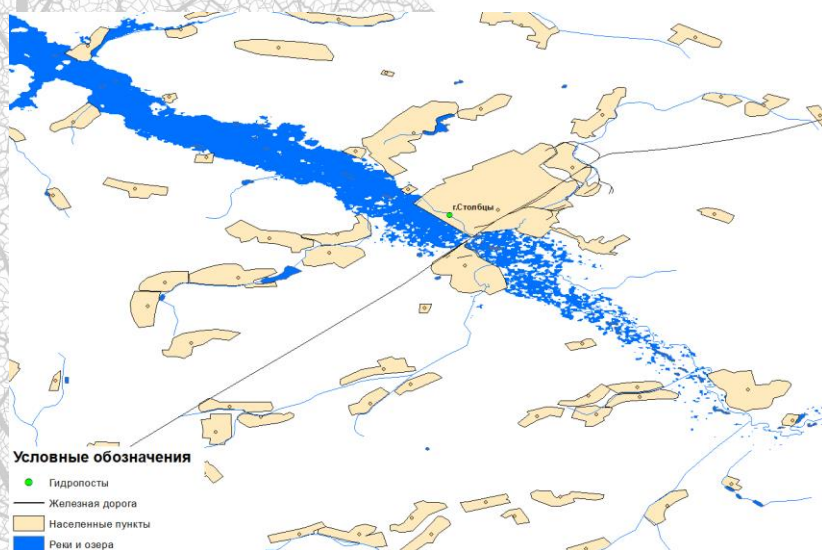


Рисунок 3. Карта местности и гидрологических объектов на реке Неман в районе

г. Столбцы при подъеме уровня воды на 5 метров

В пределах этих участков был создан полигональный слой гипсометрических поверхностей. Моделировалась ситуация, при которой наблюдается подъем уровня воды до максимальных уровней с шагом 1 метр. В пределах зоны затопления определялись объекты, которым может быть причинен ущерб: сельскохозяйственные или лесные земли, автомобильные и железные дороги, населенные пункты, здания и сооружения. Выявлено, что в зоне затопления практически ежегодно оказываются

преимущественно сельские населенные пункты, отдельные районы городов затопляются лишь при редких катастрофических наводнениях. Созданные карты затопления территории помогают оценить реальный масштаб наносимого ущерба крупным городам с развитой инфраструктурой и специальными защитными сооружениями на реках и маленьким населенным пунктам без защитных гидрологических сооружений.

Для выбранных территорий был проведен анализ на высоту поднятия уровня воды. Были выбраны уровни двух и пяти метров, так как подъем воды в реках чаще всего происходит на уровни очень близкие по значению к выбранным.

Заключение. Выполненная работа может служить основой для дальнейшей автоматизации сбора и анализа информации о гидрологических опасных явлениях, а также для создания системы мониторинга гидрологического состояния в регионе. Информация, представленная в проекте, может быть полезной при предупреждении населения в случае гидрологических ЧС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гидрологический ежегодник БССР. – Москва, 1985.
2. Абдуллин Р.К., Шихов А.Н., Синтетическое картографирование опасных метеорологических явлений на региональном уровне // Геодезия и картография. – 2017. – Т. 78. – № 8. – С. 39-48. DOI: 10.22389/0016-7126-2017-926-8-39-48.

РАЗДЕЛ III. ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

УДК 504

ФУРСА ЮЛИЯ ВЛАДИМИРОВНА,

научный сотрудник отдела международного научного сотрудничества и климата
Республиканского научно-исследовательского унитарного предприятия

«Бел НИЦ «Экология», Минск, Беларусь

ГОНЧАР КРИСТИНА ВИКТОРОВНА,

научный сотрудник научный сотрудник отдела международного научного сотрудничества и
климата Республиканского научно-исследовательского унитарного предприятия

«Бел НИЦ «Экология», Минск, Беларусь

БЕРТОШ ЕВГЕНИЯ ИВАНОВНА,

старший научный сотрудник научный сотрудник отдела международного научного
сотрудничества и климата Республиканского научно-исследовательского унитарного предприятия

«Бел НИЦ «Экология», Минск, Беларусь

МЕЛЕХ ДМИТРИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ,

заместитель заведующего научный сотрудник отдела международного научного
сотрудничества и климата Республиканского научно-исследовательского унитарного предприятия

«Бел НИЦ «Экология», Минск, Беларусь

УСЛОВИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МЕЖДУНАРОДНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ В СООТВЕТСТВИИ СО СТАТЬЕЙ 6 ПАРИЖСКОГО СОГЛАШЕНИЯ

В Республике Беларусь планируется внедрение системы торговли квотами на выбросы (СТВ), которая первоначально будет ориентирована на энергетический и промышленный секторы. Субъекты, которые не попадут под критерии отнесения к регулируемым организациям в других секторах, выходящих за рамки СТВ, но будут реализовывать мероприятия по сокращению выбросов парниковых газов будут реализовывать климатические проекты (офсетные программы). Для рассмотрения начала реализации офсетных программ нужно запустить работу системы торговли выбросами, и после этого разработать правила и руководящие принципы для этих программ. В статье представлен перечень нормативных правовых актов, который необходимо внедрить для обеспечения возможности реализации климатических проектов, включая их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: Парижское соглашение, парниковые газы, климатические проекты, система торговли выбросами

Введение. Статьей 6 Парижского соглашения признается, что «Стороны используют добровольное сотрудничество при осуществлении своих определяемых на национальном уровне вкладов, с тем чтобы создать возможности для повышения амбициозности своих действий по

предотвращению изменения климата и адаптации и поощрения устойчивого развития и экологической целостности».

Статья 6 устанавливает три подхода:

- Статья 6.2 обеспечивает основы учета международного сотрудничества. Это позволяет осуществлять международную передачу углеродных кредитов между странами.
- Статья 6.4 определяет централизованный механизм ООН для торговли кредитами за сокращение выбросов, полученными в рамках отдельных проектов. Данный рынок будет контролироваться органом Организации Объединенных Наций, называемым «Наблюдательным органом статьи 6.4» (6.4SB). Разработчики проектов потребуют зарегистрировать свои проекты в наблюдательном органе. Прежде чем проект сможет начать выдачу признанных ООН кредитов, проект должен быть одобрен как страной, в которой он реализуется, так и наблюдательным органом. Эти кредиты (A6.4 ER) могут покупать страны, компании и даже отдельные лица.
- Статья 6.8 определяет рабочую программу для нерыночных подходов к смягчению последствий и адаптации.

ITMOs (углеродные кредиты в соответствии со статьей 6.2) уже могут продаваться между странами. Такие страны, как Япония и Швейцария, уже имеют конкретные механизмы для покупки этого вида кредитов и зачета их в счет своих ОНУВ. Однако обычно для стран заключение двусторонних соглашений является длительным процессом, и еще необходимо разработать дополнительные требования к отчетности и авторизации страны, поэтому может пройти некоторое время, прежде чем ITMOs начнут широко продаваться.

Что касается кредитов, созданных в соответствии со статьей 6.4 (A6.4ER), маловероятно, что они будут выданы или проданы как минимум до 2024 года. Эту систему контролирует упомянутый выше наблюдательный орган ООН. Обмен A6.4ER невозможен до тех пор, пока не будет создан регулирующий орган и централизованный реестр.

Из-за более сильной архитектуры рыночных механизмов Парижского соглашения, основанной на подходе «снизу-вверх», по сравнению с гибкими механизмами Киотского протокола, новые рыночные механизмы требуют более высокого уровня участия и контроля со стороны уполномоченных национальных организаций принимающей (собственника сокращений выбросов ПГ) страны. Таким

образом, необходимы дополнительные усилия по наращиванию потенциала и подготовке, включая выполнение определенных критериев приемлемости (квалификационных требований).

Основная часть. В Республике Беларусь планируется внедрение системы торговли квотами на выбросы (СТВ), которая первоначально будет ориентирована на энергетический и промышленный секторы. Субъекты, которые не попадут под критерии отнесения к регулируемым организациям в других секторах, выходящих за рамки СТВ, но будут реализовывать мероприятия по сокращению выбросов парниковых газов и захотят получить сопутствующие выгоды, смогут реализовывать климатические проекты. Климатический проект – это комплекс мероприятий, обеспечивающих сокращение (предотвращение) выбросов парниковых газов или увеличение поглощения парниковых газов.

В рамках реализации международных обязательств по выполнению положений Парижского соглашения к Рамочной конвенции ООН об изменении климата Совет Министров Республики Беларусь принял постановление от 29 сентября 2021 г. N 553 "Об установлении определяемого на национальном уровне вклада Республики Беларусь в сокращение выбросов парниковых газов до 2030 года", в соответствии с которым страна берет на себя обязательство по сокращению выбросов парниковых газов до 2030 года на 35 процентов к уровню 1990 года с учетом поглощения в секторе "Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство" и без привлечения дополнительного финансирования.

Статья 6 Парижского соглашения и международные рынки не являются прямым источником амбициозных целей, но могут действовать в качестве стимула для реализации и роста стремлений. Рынки могут дать странам, компаниям и другим участникам возможность достичь своих целей по сокращению выбросов с меньшими затратами и тем самым получить возможности для повышения своих целей как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе.

СТВ включает в себя такие компоненты как источники выбросов парниковых газов, попадающие под регулирование; национальная квота на выбросы и ее распределение; система мониторинга, подготовки отчетности по выбросам и ее верификация; общий порядок функционирования всех элементов системы; меры для поддержки участников системы для управления затратами и повышения надежности функционирования системы.

Как правило, такие секторы как сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования и городской/жилищно-коммунальный секторы не входят в СТВ. Для стимулирования сокращения выбросов парниковых в этих секторах внедряются другие рыночные инструменты льготное налогообложение; кредитование, субсидии; выпуск облигаций, сертификация; корпоративное симулирование и др. Еще одним экономическим инструментом, стимулирующим сокращение выбросов секторах, выходящих за рамки регулирования СТВ, являются офсетные или климатические проекты, которые генерируют единицы сокращения выбросов или увеличение поглощения парниковых газов. Использование офсетов позволяет участникам СТВ, превышающим установленные лимиты (квоты) на выбросы парниковых газов, засчитывать единицы сокращения выбросов, выпущенные в результате реализации таких проектов в свои обязательства по сокращению выбросов. Реализация офсетных проектов может обходиться дешевле, чем меры по сокращению выбросов парниковых газов на уровне предприятия, входящего в СТВ. В зависимости от СТВ, офсетные проекты могут реализовываться как внутри, так и за пределами национальных СТВ. Международная офсетная программа предусмотрена Статьей 6 Парижского соглашения, согласно которому предлагается использование совместных подходов, которые позволяют Сторонам сотрудничать друг с другом напрямую, без использования международного механизма ограничения выбросов. Например, мероприятия по сокращению выбросов могут осуществляться в одной стране, а результирующие сокращения выбросов могут быть переданы другой стране и засчитаны в ее определяемый на национальном уровне вклад (ОНУВ). Национальные и региональные инструменты, предполагающие использование углеродных кредитов, выпущенных на основе офсетных проектов, также могут использоваться в соответствии со статьей 6.2 Парижского соглашения.

Преимущества использования офсетов:

1. Сдерживание затрат. Офсеты позволяют организациям получить доступ к большему набору экономически выгодных мер по сокращению выбросов парниковых газов. Например, секторы лесного хозяйства, сельского хозяйства, транспорта, жилищного строительства и переработки отходов, в большинстве своем, не рассматриваются в рамках 13 существующих СТВ. Тем не менее, эти сектора предлагают ряд возможностей для сокращения выбросов или увеличения поглощения парниковых газов при относительно низких затратах.

2. Стимулирование сокращения выбросов в секторах, выходящих за рамки СТВ.

3. Получение сопутствующих выгод в секторах, выходящих за рамки СТВ. Реализация офсетных проектов зачастую приводит к сопутствующим экономическим, социальным и экологическим выгодам, включая улучшение качества воздуха, восстановление деградированных земель и устойчивое управление водными ресурсами. Как правило эти выгоды рассматриваются в качестве национальных и международных приоритетов развития.

Недостатки использования офсетных проектов:

1. Влияние на ценообразование. Офсетные проекты влияют на снижение рыночной стоимости углеродных единиц из-за избытка квот на рынке углеродных единиц. В этом случае, для регулирования рыночной стоимости поможет введение ограничений на зачет в обязательства по сокращению выбросов за счет офсетных проектов.

2. Критерии дополнительности: Офсетные проекты должны соответствовать критериям дополнительности (добавочности) сокращения выбросов по отношению к базовой линии: сокращение выбросов (увеличение поглощения) парниковых газов в результате реализации проекта количественно выше, чем сокращение выбросов (увеличение поглощения) парниковых газов, которые произошли бы в отсутствие проекта. Различные методики приводят разные определения критериев дополнительности, обоснование которых вызывает огромные трудности у разработчиков таких проектов.

3. Риски, связанные с откатом сокращений выбросов парниковых газов. Как правило, климатические проекты направлены на повышение депонирования углерода за счет лесовосстановления и устойчивого управления землепользованием. Однако, после котируемого периода существует риск того, что сокращения, достигнутые в результате этой деятельности в какой-то момент времени, могут быть непреднамеренно или намеренно прекращены и привести к большим выбросам за счет того, что выращенный лес может быть вырублен или поле, на котором осуществлялась беспашотная технология обработки почвы снова будет подвергнута традиционным практикам обработки почвы.

Таким образом, офсетные проекты должны предотвращать такие риски. При разработке подходов к использованию офсетов в СТВ необходимо определить следующие аспекты; газы, отрасли и виды деятельности, которые необходимо охватить; введение лимитов на их использование, а также установить методологические требования. Последнее является затруднительным к примеру, для

мероприятий по сокращению выбросов парниковых газов за счет регулирования землепользования в сельском хозяйстве. Таким общепринятым на международном уровне методик в настоящее время мало, и они сложны в исполнении. Кроме того, критерий дополнительности – один из обязательных критериев офсетных проектов предполагает отсутствие других законодательных стимулов для внедрения мер по сокращению выбросов парниковых газов. Это также означает, что, если другие стимулирующие механизмы внедрены на законодательном уровне для реализации мер по сокращению выбросов парниковых газов, то такие проекты не могут соответствовать критериям дополнительности. Этот аспект очень важно учитывать при принятии решения о включении офсетов в СТВ.

В соответствии с условиями, изложенными в протоколах для зачета таких сокращений, СТВ могут разрешить использование офсетов для соблюдения требований вместо квот. Общие выбросы остаются неизменными за счет добавления офсетной программы, но общие затраты снижаются, если затраты на снижение выбросов из источников в рамках офсетной программы ниже, чем затраты на снижение выбросов из источников, охватываемых СТВ. Поэтому офсетные программы могут покрыть не больше 20% сокращений (таблица 1).

Таблица 1. Простая иллюстрация взаимозачета в СТВ

Источник	Без офсетной программы (МтCO ₂ -экв)	С офсетной программой	
		Перед торговлей (МтCO ₂ -экв)	После торговли (МтCO ₂ -экв)
Охватываемые выбросы	100	100	110
Непокрытые выбросы в рамках офсетной программы	200 (при отсутствии компенсационной программы нет различия между этими категориями)	20	10↑
Другие непокрытые выбросы		180	180
Итого	300	300	300

Для рассмотрения начала работы офсетных программ нужно запустить работу системы торговли выбросами, и после этого необходимо разработать правила и руководящие принципы для офсетов.

Перечень нормативных правовых актов, который необходимо внедрить для обеспечения возможности реализации климатических проектов:

1. Нормативный правовой акт об утверждении правил одобрения углеродного офсета и предоставления офсетных единиц/климатических проектов», который определяет основные принципы реализации климатических проектов, и выпуска офсетных единиц, определяет требования к проектной документации для углеродных офсетов по сокращению и поглощению выбросов ПГ, плану их мониторинга (Постановление Совета Министров Республики Беларусь);

2. Нормативный правовой акт об утверждении правил разработки национальных методологий мониторинга и оценки климатических проектов (Постановление Совета Министров Республики Беларусь);

3. ГОСТ Р ИСО 14080-2021 «Управление парниковыми газами и связанные виды деятельности. Система подходов и методическое обеспечение реализации климатических проектов»

Заключение. В Республике Беларусь планируется к внедрению система торговли выбросами, которая будет первоначально ориентирована на энергетический и промышленный сектора. Для того, чтоб последовательно интегрировать все сектора национальной экономики в систему торговли выбросами создается нормативно правовая база.

Субъекты, которые не попадут под критерии отнесения к регулируемым организациям в других секторах, выходящих за рамки СТВ, но будут реализовывать мероприятия по сокращению выбросов парниковых газов и захотят получить сопутствующие выгоды, смогут реализовывать климатические проекты. При этом одним из препятствий к реализации таких проектов может стать принцип дополнительности, который предполагает сокращение или абсорбцию большего количества выбросов за определенный промежуток времени, чем при реализации сценария, в котором проект отсутствует. Более того, должно быть доказано, что проект не был бы реализован без дополнительных финансовых ресурсов, привлеченных на углеродном рынке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. [Paris Agreement Russian \(unfccc.int\)](https://unfccc.int/paris-agreement/russian)
2. [content \(worldbank.org\)](https://www.worldbank.org/content)

УДК 551.5

ЛЮБЕЗНАЯ ВЕРОНИКА СЕРГЕЕВНА,
младший научный сотрудник отдела мониторинга окружающей среды
РУП «Бел НИЦ «Экология», Минск, Беларусь
МОРОЗ АЛЕКСЕЙ ИГОРЕВИЧ,

инженер-синоптик группы метеорологического обеспечения отдела руководства полетами ГААСУ
«Авиация» МЧС РБ, Минск, Беларусь

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА МИНСКА

Организм человека пребывает всю жизнь в состоянии непрерывно-подвижного равновесия с колебаниями окружающей среды. Значительный диапазон физиологических механизмов уравнивания позволяет большинству людей приспосабливаться без заметных расстройств к любой погоде. Недостаточность механизмов адаптации приводит к возникновению различных патологических реакций. При этом если нагрузка на приспособительные механизмы резко выходит за пределы индивидуального диапазона адаптации, то на организм зачастую оказывают влияние не только резкие амплитуды колебаний погоды, но и слабые раздражители.

Ключевые слова: климат; температура; здоровье населения; заболевания; город Минск

Введение. Очевидно, что температура воздуха оказывает прямое влияние на организм человека. Она влияет на глубину и частоту дыхания, скорость циркуляции крови, характер кроветворения, снабжение кислородом клеток и тканей и др. Исследования Всемирной метеорологической организации показывают, что случаи сильной жары влекут за собой учащение смертности среди населения. Кроме того, заболеваемость и смертность связанные с жаркой погодой, являются признанной проблемой здравоохранения.

Рост количества дней с аномальной температурой является одним из основных показателей современных изменений климата в мире, так и на территории Беларуси [1]. С учетом сохранения темпов роста температуры, в будущем следует ожидать дальнейшее увеличение количества аномально жарких дней и, как следствие, рост количества обращений за медицинской помощью и смертность среди населения в теплое время года.

Основная часть. В многочисленных исследованиях показана связь различных нарушений жизнедеятельности человека, заболеваемости, летальных исходов с изменениями погоды, солнечной активности с акцентом на резкие и аperiодические флуктуации природных факторов. Изменения

климата, происходящие в мире, представляют собой значительные факторы риска для здоровья людей. Воздействие волн жары и холода на здоровье населения различных стран приводит к увеличению числа климатически зависимых инфекционных заболеваний и их продвижению на север, а также к количественным потерям населения в результате воздействия аномальных температур [2].

В общемировой практике принято оценивать влияние климатических изменений на здоровье через исследование добавочной смертности в периоды сильной жары [3]. Однако, для Минска получить данные о смертности в необходимом для анализа разрешении (суточном) невозможно, поэтому в работе использовались данные о количестве вызовов скорой медицинской помощи в Минске за период 2015–2019 гг. Для сопоставления были выбраны среднесуточные температуры. Исходя из анализа литературных источников, высокие температуры негативно сказываются на людях с заболеваниями системы кровообращения (гипертонический кризис, инфаркт миокарда, мерцательная аритмия и др.) и органов дыхания (синусит, фарингит, ларингит, тонзиллит и др.).

Рассмотрим динамику количества вызовов скорой помощи г. Минска по болезням органов дыхания (рисунок 1). Наблюдается ярко выраженная плавная сезонная цикличность, с минимальным количеством вызовов летом и максимальным количеством зимой. Данная закономерность связана с особенностями возникновения респираторных инфекций. Хорошими условиями для их возникновения являются низкие температуры и более высокая влажность воздуха, что соответствует наиболее холодным сезонам года (осенне-зимний периоды).

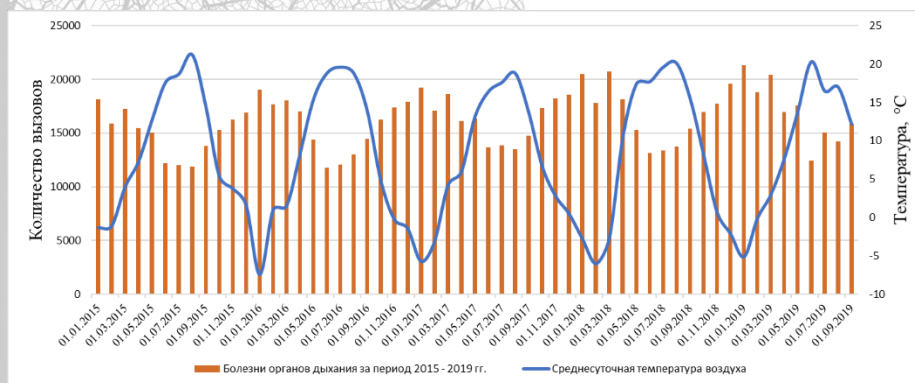


Рисунок 1 – Сводная гистограмма и график вызовов скорой помощи по всем болезням органов дыхания и среднемесячная температура г. Минска за период 2015 – 2019 гг.

Рассмотрим зависимость количества вызовов по болезням органов дыхания за теплый период (с 1 мая по 31 сентября 2015 и 2019 года) от среднесуточных температур (рисунок 2). Общее количество

вызовов за данный период увеличилось в среднем на 20 вызовов в день. Как можно заметить температура воздуха на болезни органов дыхания практически не повлияла, хотя и наблюдается рост вызовов за 4 года с июня по июль.

Рассмотрим динамику количества вызовов скорой помощи г. Минска по болезням системы кровообращения (рисунок 3). Здесь также наблюдает выраженная сезонность возникновения заболеваний: максимальное количество вызовов в осенне-зимний период, минимальное количество вызовов в весенне-летний.

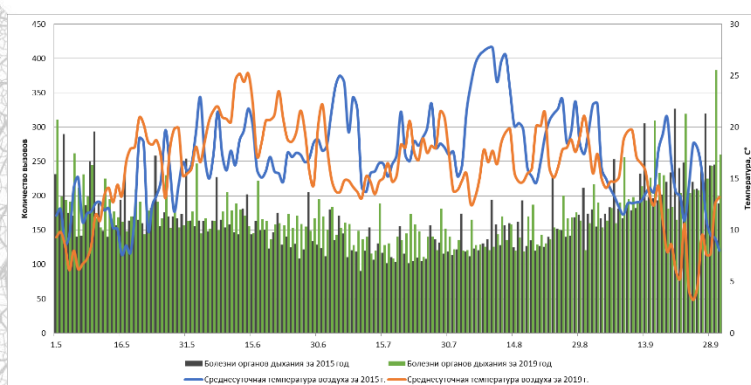


Рисунок 2 – Сводные гистограммы количества вызовов по болезням органов дыхания и графики среднесуточных температур за 2015 и 2019 гг.

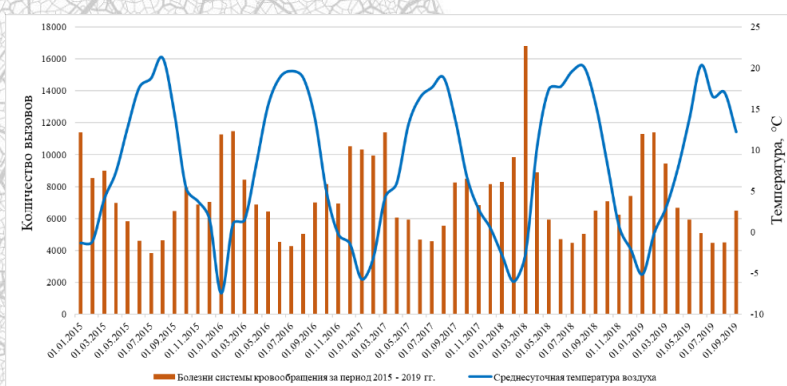


Рисунок 3 – Сводная гистограмма и график вызовов скорой помощи по всем болезням системы кровообращения и среднемесячная температура г. Минска за период 2015 – 2019 гг.

Рассмотрим зависимость количества вызовов по болезням системы кровообращения за теплый период (с 1 мая по 31 сентября 2015 и 2019 года) от среднесуточных температур (рисунок 4).

Наблюдается четкая тенденция повышения количества вызовов за указанный период (в среднем увеличение на 40 вызовов в день).

После общей оценки изменений количества вызовов скорой помощи по болезням системы кровообращения и органов дыхания от среднесуточной температуры, необходимо произвести анализ в разрезе отдельных заболеваний, т.к. часть сердечно-сосудистых заболеваний не связана с жаркой погодой, а большая часть заболеваний дыхательных путей провоцируется холодом.

Проанализируем зависимость распределения количества вызовов скорой помощи по заболеваниям бронхиальная астма (код по Международной классификации болезней (МКБ-10) – J45) и острый инфаркт миокарда (код по МКБ-10 – I21) от среднесуточной температуры, так как для них характерен наиболее высокий уровень смертности. Анализируемый отрезок времени: теплый период года с 1 мая по 31 августа за 2015, 2016, 2018, 2019 года. Были отрисованы сводные гистограммы количества вызовов по болезням бронхиальная астма и инфаркт миокарда и графики среднесуточных значений температур теплого периода года за 2015, 2017, 2018, 2019 года.

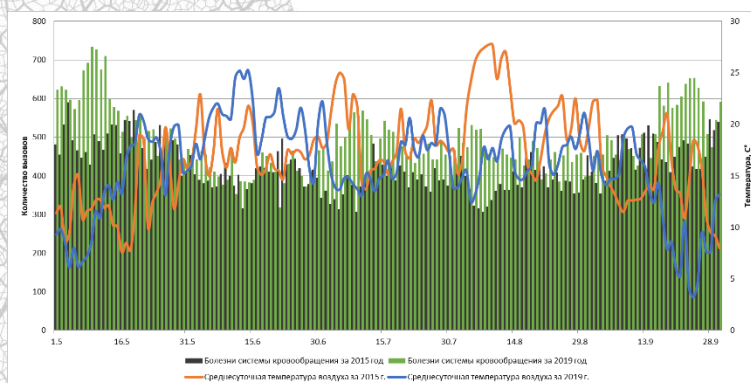


Рисунок 4 – Сводные гистограммы количества вызовов по болезням системы кровообращения и графики среднесуточных температур за 2015 и 2019 гг.

Рассмотрим рисунки гистограмм и графиков болезни инфаркт миокарда за каждый год (рисунок 5). Острый инфаркт миокарда – болезнь системы кровообращения, носит тяжелый характер, чем и обуславливается небольшое количество вызовов за день от 4 до 5, при максимальных и минимальных значениях 16 и 1. Данная болезнь имеет более выраженный характер в тенденции роста вызовов скорой помощи и температуры. В 2015 году наблюдается менее заметная тенденция схождения температуры воздуха с количеством вызовов скорой помощи, однако можно отметить период с 20 мая по 8 июня, где наблюдаются одновременные максимумы температур и вызовов 26 мая и 8 июня, и минимумов 28 мая и 5 июня.

2016 год отличается заметным ростом вызовов скорой помощи (максимум 12, минимум 1) и температуры воздуха (максимум 26,2 °C). После роста температуры, через 1 – 3 дня, можно заметить резкий подъем вызовов, как последствие жаркой погоды. В качестве примера возьмем два выраженных периода вышеописанной тенденции. Так, 2 июля температура составляет 26,2 °C (самый жаркий день за год) и через два дня (4 июля) наблюдается практический максимум вызовов за год (11). Также можно отметить 28 июля, температура воздуха достигает практического максимума за год (24,9 °C) и через день резко растет количество вызовов скорой помощи до отметки в 9. В 2018 году можно так же отметить такую же «волнообразную» тенденцию роста и падения 22, 30 мая, 1, 4, 6, 9, 11, 16, 21, 24 июня. Если говорить о 2019 году, то он характеризуется как год с относительно равномерным количеством вызовов, что и является средним показателем за год (с максимумов в 9 и минимумом 1). Из-за равномерности распределения, в данном временном отрезке, сложно выделить какую-либо зависимость и найти закономерность.

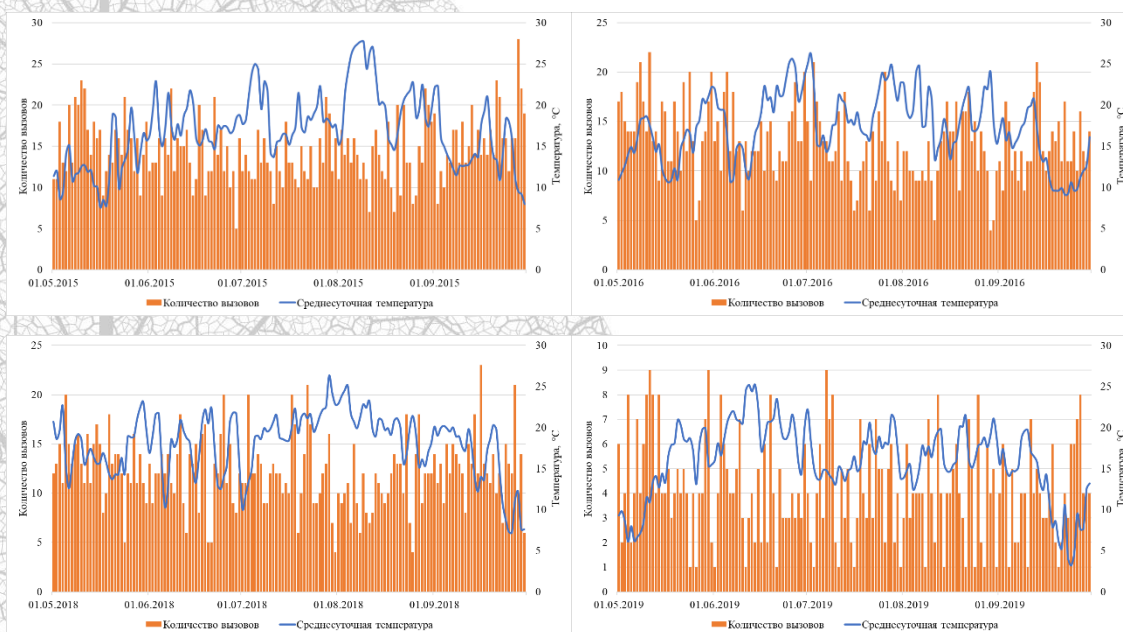


Рисунок 5 – Соотношение случаев острого инфаркта миокарда и среднесуточной температуры воздуха в Минске за период 2015–2019 гг.

Рассмотрим рисунки гистограмм и графиков бронхиальной астмы за каждый год (рисунок 6). Среднее количество вызовов варьируется от 12 – 15 (с максимумов в 28 и минимумом 3). Выявляется точечная зависимость количества вызовов скорой помощи от повышения температуры. Так пример, в 2015 году, можно выделить рост числа вызовов с 16 по 20 мая, одновременно с выраженным ростом

температуры с 7,8 до 18,9 °С. После пика температуры наблюдается ее спад и одновременное падение количества вызовов, за этим опять же подъем и спад вызовов одновременно с температурой.

Аналогичные тенденции наблюдаются в течении всего теплого периода. В 2016 году выраженные подъемы и спады можно отметить 31 мая, 3 июля, 27 июля, 23 августа. В 2018 году тенденция в период с 6 по 25 июня. В 2019 году можно выделить с 11 июля по 16 июня.

Следует отметить, что и для случаев инфарктов миокарда, и для случаев бронхиальной астмы количество вызовов скорой медицинской помощи увеличивается в дни с высокими среднесуточными температурами или через несколько дней после наступления пика. Очевидно, что существует тенденция увеличения количества острых случаев бронхиальной астмы и инфаркта миокарда с ростом температуры, однако «волны жары» не являются единственным фактором этого увеличения. К дополнительным факторам воздействия могут относиться другие метеопараметры, а также атмосферное загрязнение (аэрозоли (PM₁₀ и PM_{2.5}), пыльца растений).

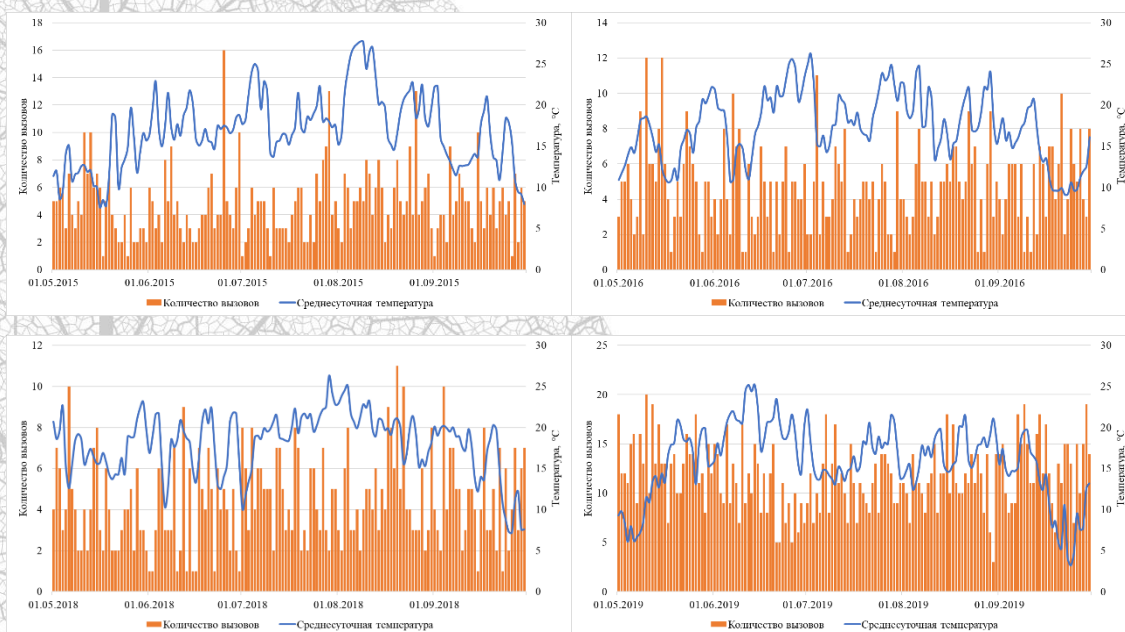


Рисунок 6 – Соотношение случаев бронхиальной астмы и среднесуточной температуры воздуха в Минске за период 2015–2019 гг.

Закключение. Ожидается, что более теплый климат принесет пользу населению ряда стран, включая снижение смертности и заболеваемости в зимний период и увеличение местного производства продуктов питания, в частности в северных высоких широтах. Однако прогнозы Всемирной организации здравоохранения и Межправительственной группы экспертов по изменению климата

(IPCC) предполагают, что негативные последствия климатических изменений для здоровья имеют более значительный характер в сравнении с потенциальным положительным воздействием. Кроме того, негативные последствия более всего сказываются на малоимущих слоях населения, и без того лишенных перспектив с точки зрения здоровья, таким образом, способствуя расширению разрыва в обеспечении равенства между наиболее богатыми и наиболее бедными группами населения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. М.Ю. Бобрик Изменение климата: последствия, смягчение, адаптация: учеб-метод. комплекс / М.Ю. Бобрик [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2015. – 424 с.
2. Беляева В.А. Влияние метеофакторов на частоту повышения артериального давления // Медико-биологические аспекты оценки воздействия факторов риска. – Россия: Институт биомедицинский исследований, 2016. – С. 17 – 22.
3. Climate Nexus [Electronic resource] / How Extreme Heat & Heatwaves Impact Public Health. – Mode of access: <https://climatenexus.org/climate-issues/health/extreme-heat/>. – Date of access: 10.01.2024.

РАЗДЕЛ IV. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И ПРИРОДНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 504.7

КЛЕБАНОВИЧ НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры почвоведения и ГИС
Белорусского государственного университета, г. Минск, Беларусь

ЕРЕСЬКО МАРИНА АНАТОЛЬЕВНА,

кандидат географических наук, доцент, заведующий отделом мониторинга окружающей среды РУП
«БелНИЦ «Экология»

ВОЗМОЖНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО И ЭФФЕКТИВНОГО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ БЕЛАРУСИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

Сельское хозяйство сильно зависит от последствий глобального потепления в аридных условиях, в гумидных условиях преимущества потепления перекрывают его недостатки. Наибольшую угрозу для сельского хозяйства Беларуси в условиях потепления предположительно представляют засухи. При потеплении прогнозируется небольшое повышение гумусированности почв Беларуси, снижение масштабов водной эрозии и увеличение негативного действия ветровой эрозии, ослабление подкисляющего действия зонального подзолистого процесса почвообразования, возможно усиление окарбоначивания ряда полугидроморфных почв, снижения количества заболоченных почв, отсутствие существенных изменений содержания основных элементов питания растений. В целом можно ожидать небольшое увеличение продуктивности, в основном за счет поступления большего количества тепловой энергии.

Ключевые слова: глобальное потепление; температура; влажность почвы; продуктивность растениеводства; свойства почв.

Введение. С середины 1980-х годов в Беларуси происходит определенное потепление, на что четко указывают данные метеорологических наблюдений. За всю историю инструментальных наблюдений подавляющее число самых крупных среднегодовых температурных аномалий отмечено в последние 30-40 лет, средняя температура на планете росла примерно втрое быстрее, чем за последние 100 лет [1]. Чаще всего современное глобальное потепление связывают с беспрецедентным ростом концентрации парниковых газов (главным образом, углекислого газа) в атмосфере, с аномальным усилением парникового эффекта и, как следствие, с ростом глобальной температуры с 1950-х гг., которое относят к основным направлениям антропогенного влияния на климатическую систему Земли. Четких доказательств антропогенного характера увеличения содержания парниковых газов в

атмосфере нет. Основные сомнения связаны с тем, что в течение геологической истории Земли ее климат подвергался сильным колебаниям без антропогенного влияния, причем преобладали длительные отрезки времени с более теплым климатом по сравнению с современным. Даже в самый холодный отрезок кайнозоя, в олигоцене (25–37 млн лет назад), было на 2,8 °С теплее, чем в настоящее время [1].

Особый интерес представляет климатический оптимум голоцена – так называемый атлантик (около 8,5–5,5 тыс. лет назад) [2]. В это время среднегодовые температуры воздуха в умеренных широтах Северного полушария были выше современных на 2–3 °С, а годовые суммы атмосферных осадков превышали нынешние значения на 75–100 мм, то есть климат был теплее современного.

Сельское хозяйство среди отраслей хозяйства сильнее всего зависит от климата. Последствия изменения климата делают аграрные предприятия более уязвимыми, в дополнение к существующим проблемам. К сожалению, земледельцы во многих странах воспринимают изменения климата как результат природного цикла, а значит, они чувствуют себя менее обязанными разрабатывать какие-либо стратегии управления [3]. Сельское хозяйство наиболее ярко ощущает на себе изменение климата в засушливых условиях. Так, прогнозируется к 2080 г. увеличение на 5–15 % продуктивности по всей Европе (кроме Испании) [4]. На юго-востоке США планируется снижение 15–25 %, но на северо-востоке США, в более высоких широтах, предполагается адекватное увеличение продуктивности.

Основная часть. Агроклиматические условия на территории Беларуси достаточно благоприятны для развития сельского хозяйства. На территории Беларуси продолжительность вегетационного периода в пределах страны изменяется от 190 до 220 дней, сумма активных температур воздуха составляет 2200–2700 °С при продолжительности периода от 143 до 168 дней, годовая сумма осадков колеблется от 580 мм до 730 мм, что позволяет возделывать почти все культурные растения умеренных широт. Главным недостатком нашего климата является неустойчивость погодных условий: их значительные колебания приводят к возникновению явлений, неблагоприятно отражающихся на росте и развитии растений, вызывающих их повреждение или даже полную гибель. Это обуславливает колебания продуктивности сельского хозяйства в Беларуси как минимум на 20 %, при среднем валовом сборе зерна в Беларуси в XXI веке около 7 млн т, но в неблагоприятные по погодным условиям годы он снижается до 5,5 млн т, а в благоприятные – возрастает до 9,5 млн т, как в 2014 г. Наблюдаемый рост теплообеспеченности сельскохозяйственных культур в целом явно способствует повышению продуктивности белорусских земель, произошло значительное увеличение суммы активных температур, наблюдается устойчивая тенденция увеличения продолжительности безморозкового и

вегетационного периода. При этом не уменьшилось количество осадков, их достаточно, но из-за неравномерности выпадения возможен недобор, особенно в июне и в августе, а майский – июньский недостаток влаги сильнее всего сказывается на продукционном процессе растений.

Большинство глобальных климатических моделей указывают на возрастание максимальных и минимальных значений температуры, увеличение числа жарких дней – практически для всей суши; рост количества случаев интенсивных осадков и уменьшение числа дней с малым количеством осадков – для многих регионов суши во внетропических широтах Северного полушария, уменьшение числа холодных дней – практически для всей суши, сокращение амплитуды суточного хода температуры – для большинства регионов суши [5]. Все эти выводы характерны и для Беларуси. На большей части Беларуси могут сложиться более благоприятные условия для сельского хозяйства (в частности, растениеводства) по показателям обеспеченности теплом, продолжится улучшение условий перезимовки озимых культур, более раннее наступление весенних процессов и сроков сева яровых культур; ускорение созревания зерновых культур и сроков их уборки. Посевы пожнивных культур укрепят кормовую базу животноводства. Потепление открывает и новые возможности – расширение посевов пожнивных культур и появление условий для выращивания более требовательных к теплу культур: кукуруза на зерно, просо, сорго, бахчевые, подсолнечник, соя, виноград.

У глобального потепления есть негативные последствия: повысился риск повреждения озимых культур от вымокания, выпревания, вымерзания (при отсутствии снежного покрова). ожидается ухудшение показателей влагообеспеченности почв, повышение риска засух. Из-за августовского дефицита влаги хуже формируется урожай поздних культур, особенно корнеклубнеплодов и капусты. Могут существенно снизить урожай и экстремальные климатические условия (засуха, заморозок, высокие и низкие температуры, градобитие, ливни и т. д.), но явления эти обычно не затрагивают обширных площадей. Эти, а также другие факторы (негативное воздействие высоких температур, распространение вредителей и инвазивных видов, риск наводнений, пожаров и т.д.) могут стать серьезными ограничивающими факторами для использования новых возможностей [6]. Наибольшую угрозу для сельского хозяйства Беларуси в условиях потепления предположительно представляют засухи.

Обычно последствия потепления рассматривают применительно к сельскому хозяйству, и слабо рассматривается его влияние на почву. Ниже мы попытаемся рассмотреть потенциальное влияние глобального потепления на некоторые свойства почв Беларуси и почвенные процессы.

Водная эрозия почв, как плоскостная, так и глубинная, при потеплении климата должна уменьшиться по общему алгоритму: выше температуры – больше испарение – меньше сток – меньше смыв.

Ветровая эрозия почв может усиливаться из-за снижения влажности верхнего горизонта почв, а сухие частицы заметно легче дефлируются. Если сейчас резко доминируют слабodeфлированные почвы, то может заметно увеличиться доля средне- и даже сильнодефлированных.

Изменение содержания органического вещества в зональных дерново-подзолистых почвах предположительно будет совсем небольшим, но в сторону увеличения, так как уменьшение содержания влаги будет в основном во второй половине вегетационного периода, замедляя минерализацию свежего органического вещества и способствуя полимеризации промежуточных продуктов распада органических соединений, подобно тому, как это происходит на черноземах. В полугидроморфных почвах снижение продолжительности периода с переувлажнением (с влажностью выше наименьшей влагоемкости) будет способствовать формированию более качественного гумуса (увеличится соотношение $\text{C}_{\text{гк}}/\text{C}_{\text{фк}}$), но в меньшем количестве, так как более продолжительный период с аэробными условиями усилит минерализацию органического опада.

Снижение pH почв крайне маловероятно, скорее наоборот, уменьшение размеров внутрипочвенного стока из-за усиления испарения будет способствовать снижению интенсивности элювиальных процессов, уменьшению выщелачивания. Потенциально подкисляющее действие уменьшится из-за уменьшения числа бореальных видов растительности при увеличении числа неморальных видов с менее кислыми растительными остатками.

Изменение содержания питательных элементов в почвах при потеплении предположить трудно, хотя можно допустить ускорение разложения первичных минералов в более теплых условиях.

Засоление потенциально может усиливаться, особенно в виде вторичного окарбонирования, преимущественно на дерновых заболоченных почвах, так как увеличение испарения будет способствовать восходящему движению почвенных вод (при близком их залегании) и периодическому формированию выпотного водного режима. Это может привести к подщелачиванию, если грунтовые воды имеют существенную минерализацию, а в полесском регионе они часто имеют высокий уровень содержания карбоната кальция. Однако подобное засоление не приведет к снижению продуктивности, скорее даст экономическую выгоду в виде уменьшения потребности в известковании.

Загрязнение почв, то есть заражение почвы токсическими веществами, не имеет прямой связи с температурным или водным режимом, будучи обусловленным антропогенным воздействием.

Ухудшение физических свойств почв предположить трудно, снижение вероятности запыления или лессиважа скорее будет способствовать лучшему структурообразованию.

Можно прогнозировать снижение доли полугидроморфных почв с повышением доли автоморфных почв из-за возросшего испарения. Возможно снижение степени гидроморфизма отдельных почв, например, эволюция глеевых видов почв в глееватые.

Биологическая деградация теоретически возможна, в более сухих условиях выше вероятность увеличения доли оголенной или незащищенной поверхности, но для этого необходимо гораздо более существенное потепление нежели мы наблюдаем сейчас. Пока же изменение водообеспеченности растений выразится в локальной смене части гигрофитов на мезофитные виды растений.

Утрата биологической составляющей почв – сокращение количества и снижение качества почвенной макро- и микрофауны – также маловероятно, может лишь слегка измениться видовой состав микрофлоры. В целом же повышение биопродуктивности за счет большего количества термических ресурсов должно способствовать и повышению количества почвенных организмов, перерабатывающих повысившееся количество органических остатков.

Наиболее позитивные изменения предполагаются в северной провинции Беларуси. В этом регионе не только удлинится вегетационный период и теплообеспеченность произрастания культур, но и улучшится водно-воздушный режим многих почв. Сейчас на территории Витебщины заболоченные почвы доминируют над автоморфными, причем резко преобладают временно избыточно поверхностно-переувлажненные почвы, т. е. почвы со сравнительно небольшой степенью недостатка кислорода для оптимального роста растений, и достаточно даже небольшого потепления для существенного улучшения водно-воздушного режима. В Центральной провинции существенных изменений в плодородии почв не предвидится. На увеличение эффективного плодородия будет работать увеличение теплообеспеченности, но оно местами будет нивелироваться снижением влагообеспеченности из-за роста испарения. Сложнее всего сделать прогноз по югу Беларуси. Усиление теплообеспеченности приведет к росту продуцируемой биомассы, соответственно можно предположить усиление накопления гумуса и биогенных элементов. Однако при усилении испарения повысится вероятность недостатка влаги для высоких урожаев культурных растений.

Наукой и практикой разработан ряд приемов оптимизации земледелия в условиях изменяющегося климата, например, выведение, районирование и возделывание новых урожайных сортов с более продолжительным сроком вегетации; увеличение в структуре посевных площадей удельного веса более теплолюбивых и засухоустойчивых культур (кукурузы, сорго, сои и др.);

расширение посевных площадей пожнивных культур; и другие [1]. Уже в последние годы произошли изменения в структуре посевных площадей: увеличились посевные площади кукурузы на зерно, преимущественно в Полесье, заметно выросли посевные площади рапса на семена, расширились посевы подсолнечника, овощного горошка, сахарной кукурузы, спаржевой фасоли, сои, появились плантации винограда и арбузов. Практически по всей Беларуси появилась возможность возделывать просо, сумма активных температур для возделывания которого составляет около 2300 °С.

Работы по адаптации сельского хозяйства в Беларуси ведутся и достаточно активно, разработаны стратегии такой адаптации [5,6], но проблема, на наш взгляд, существенно преувеличена. В таблицах, приведенных в [6, таблицы 2.2.1 и 2.2.2], количество негативных последствий потепления преобладает над положительными. Проверить экспериментально большинство последствий невозможно, но должны быть логические доказательства, поэтому некоторые негативные последствия представляются недостаточно обоснованными. Почему должна повыситься возможность заморозков в период цветения, например, если констатируется по данным наблюдений за последние 40 лет, что крайние сроки весенних заморозков стали более ранними, на 2-7 дней, по всем областям страны, а сроки первых осенних заморозков – более поздними?

Крайне сомнительным можно считать и такое последствие как «снижение уровня грунтовых вод и ухудшение условий увлажнения почв». На большинстве полей почвы автоморфные, где грунтовые воды никак не влияют на влагообеспеченность растений. На почвах слабой степени переувлажнения (временно избыточно увлажняемых) основным недостатком является именно относительный избыток влаги в отдельные периоды вегетации, приводящий к недостатку кислорода, то есть потепление приведет к улучшению условий увлажнения.

Трудно понять, почему произойдет «значительное увеличение финансовых и трудовых затрат на семена, удобрения, пересев», или «рост расходов на электроснабжение животноводческих помещений». Даже напротив, можно прогнозировать небольшое уменьшение потребности в удобрениях, так как известно, что в более теплых условиях питательные элементы почвы более полно используются растениями для формирования биомассы.

Заключение. В длинном списке потенциальных проблем, связанных с глобальным потеплением, риски для мирового сельского хозяйства справедливо выделяются в числе наиболее значительных. Это справедливо для большей части мира, но для Беларуси плюсы от потепления перевешивают минусы, увеличивают вероятность формирования более высоких урожаев, причем и ряда нетрадиционных культур. Очень позитивно, например, что в нашей стране растут посевы сорго –

менее влаголюбивой и не менее продуктивной по зеленой массе культуры по сравнению с кукурузой. Довольно реалистично выглядит сценарий Европейского агентства окружающей среды, который прогнозирует сохранение нынешнего уровня продуктивности пшеницы, кукурузы и сои примерно на половине страны и увеличение на другой половине в 5-15% к 2050 году по сравнению с 1961–1990 годами [6].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Изменение климата: последствия, смягчение, адаптация : учеб.-метод. комплекс / М. Ю. Бобрик [и др.]. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2015. – 424 с.
2. Клебанович, Н. В. Глобальное потепление и плодородие почв Беларуси. Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды : сб. материалов V Межд. науч.-практ. конф., 27–29 сент. 2021 г. : в 2 ч. – Брест : БрГУ, 2021. – Ч. 1. – С. 188–191.
3. Kuehne, G. How do farmers' climate change beliefs affect adaptation to climate change? //Society & Natural Resources. – 2014. – Т. 27. – №. 5. – С. 492-506.
4. Клайн, У. Р. Глобальное потепление и сельское хозяйство / У. Р. Клайн //Финансы и развитие. – 2008. – Март. – С. 23–27.
5. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата в рамках разработки национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата в Республике Беларусь / Мельник В., Яцухно В., Денисов Н., Николаева Л., Фалолеева М. – 84 с. <https://minpriroda.gov.by/uploads/files/Agroklimaticheskoe-zonirovanie-Respubliki-Belarus.pdf>.
6. Стратегия адаптации сельского хозяйства Республики Беларусь к изменению климата. Проект. /под ред. Н. Денисова. Минск – 2017. 48 с. <https://climate.ecopartnerstvo.by/sites/default/files/2017-09/%D0%90daptation%20strategy%20for%20belarus%20agriculture%20RUS>.

УДК 553.63:[549+552](476)

ПЕТРОВА НАТАЛЬЯ СЕМЕНОВНА,
кандидат геолого-минералогических наук, доцент, ведущий научный сотрудник
ДЕНИСОВА НАТАЛЬЯ ЮРЬЕВНА,
кандидат географических наук, начальник отдела геологии и минерагении платформенного чехла
ГЛАЗ НИНА ВЛАДИМИРОВНА,
ведущий инженер
ШЕСТАКОВ КИРИЛЛ ВЛАДИМИРОВИЧ,
Инженер

Филиал «Институт геологии» Государственного предприятия «НПЦ по геологии»
Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь
ул. Купревича, 7, 220141, г. Минск
E-mail: belnigri@list.ru, denisov.nat@yandex.by

ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОГНОЗНО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КАЛИЙНЫЕ СОЛИ

В статье сформулированы принципы, лежащие в основе проведения прогнозно-минерогенических исследований на калийные соли. Отмечено, что уровень минерогенических исследований, степень знания закономерностей размещения месторождений и критериев их выраженности в геологическом пространстве определяет эффективность геологоразведочных работ и обоснованный выбор последовательности освоения объектов.

Ключевые слова: калийные соли, прогнозно-минерогеническое районирование, перспективные площади, перспективные участки, оценочные параметры.

The article formulates the principles underlying the conduct of predictive and mineragenic studies of potassium salts. It is noted that the level of mineragenic research, the degree of knowledge of the patterns of location of deposits and the criteria for their expression in geological space determine the effectiveness of geological exploration and the reasonable choice of the sequence of development of objects.

Key words: potassium salts, predictive mineragenic zoning, promising areas, promising areas, assessment parameters.

Приоритет в решении сырьевой проблемы минеральных солей принадлежит минерогеническим исследованиям, уровень проведения которых определяет эффективность прогнозно-поисковых работ. Степень знания закономерностей размещения месторождений и критериев их выраженности в геологическом пространстве обеспечивает успех в обоснованном выборе первоочередных площадей

проведения геологоразведки. Основой методики прогнозно-минерагенических исследований являются традиционные для данного направления принципы, из которых главными являются структурно-вещественный подход, базирующийся на формационном анализе, и принцип последовательных приближений, заключающийся в многоступенчатом минерагеническом анализе территорий с последовательной локализацией перспективных площадей от региональных к локальным и использованием критериев прогнозирования в соответствующей очередности. Данный подход связывает воедино геологические и граничные экономические параметры оценки месторождений. При этом первостепенное значение имеют полнота и достоверность изучения закономерностей размещения объектов полезных ископаемых прогнозируемого типа, полнота, глубинность и достоверность прогнозных построений при выделении перспективных площадей, обоснованность и достоверность оценки прогнозных ресурсов.

Очевидно, что такая работа предусматривает анализ и оценку результатов проведенных ранее исследований, а также возможную оптимизацию разведочной сети. Со времени проведения последних обобщающих работ прошло около 20 лет и фактически до сих пор результаты их не проанализированы и не опубликованы. Резкое сокращение прогнозно-минерагенических исследований в области калийных солей негативно сказывается на геологическом доизучении ранее выделенных площадей, совершенствовании и актуализации методических подходов к прогнозно-минерагеническим исследованиям, охватывающим весь спектр залежей, при постановке вопросов, связанных как с определением рациональной последовательности вскрытия калийных горизонтов, так и с разработкой территориально совмещенных онтогенетически разнородных месторождений.

Минерагенические факторы, отражающие закономерности размещения залежей калийных солей, выявляются путем установления статистически устойчивых связей элементов геологического строения, которые по методам выявления и изучения подразделяются на наблюдаемые и моделированные. Наблюдаемые факторы по своей геологической природе подразделяются на седиментационные, фациально-литологические, структурные, геоморфологические [1]. Среди моделированных факторов выделяются геодинамические, палеогеографические, палеогидрогеологические и другие. Особое внимание в процессе выполнения научно-исследовательских работ должно обращаться на изучение палеогеодинамических обстановок, определяющих минерагеническую зональность и локализацию оруденения. Устанавливаются (определяются) фациально-литологические условия благоприятные для локализации скоплений

полезного ископаемого. Среди структурных факторов выделяются дизъюнктивные и пликативные структуры разных порядков, а также частные характеристики и элементы структурных форм, определяющие размещение минерального сырья.

Практическая значимость калийных залежей также неодинакова. Выделены промышленные (эксплуатируемые в настоящее время) горизонты; горизонты, по которым утверждены запасы по категориям C_1 и C_2 ; калийные залежи, отвечающие по основным показателям кондициям (резерв горно-химической промышленности РБ).

В зависимости от *практического значения прогнозно-минерагенических подразделений* выделены территории: промышленно калиеносные, в пределах которых имеются эксплуатируемые и обозначенные месторождения; высокоперспективные с запасами, разведанными по промышленным категориям; перспективные с оцененными запасами и прогнозными ресурсами; малоперспективные и прочие.

В соответствии *со степенью изученности и масштабности развития калийных горизонтов*, выделяются площади промышленные, высокоперспективные, перспективные и малоперспективные, для которых описание и аналитическая оценка методически различаются. Для группы промышленных территорий, с ведущейся в настоящее время разработкой калийных залежей, по данным промыслово-геофизических исследований и результатам химических анализов уточняется выделение продуктивных слоев и пластов, детально рассматриваются их качественные параметры по всем опробованным скважинам.

В группу высокоперспективных включены территории, в пределах которых по отдельным горизонтам утверждены запасы категорий C_1+C_2 и C_2 или выявлены продуктивные пласты, удовлетворяющие современным требованиям промышленности, а прогнозные запасы превышают 500 млн. т сырых солей. В их пределах отмечаются изменения в строении и качественном составе продуктивных элементов калийных горизонтов, а также структуры их изменчивости по площади распространения, требующие обязательного уточнения.

К перспективным отнесены территории, в пределах которых в калийных горизонтах выделяются продуктивные пласты сравнительно небольшой мощности с прогнозными запасами, как правило, 100–500 млн т. При их описании отмечаются изменения в строении и составе продуктивных элементов горизонта.

В группу малоперспективных и прочих включены площади, в пределах которых калийные горизонты отвечают требованиям кондиций по мощности и качеству, но залегают на глубине более 1200 м, или содержат повышенные концентрации вредных примесей, или обладают малой мощностью, или слабо изучены (не изучены).

При изучении внутреннего строения калийная залежь рассматривается как сложная система, состоящая из множества разномасштабных условно однородных структурных элементов. Изучение неоднородности залежей, их анизотропии и структуры как основы для выяснения природной изменчивости важнейших свойств необходимо для выбора методики разведки и оптимизации условий геологоразведочных работ. Кроме того, калийные залежи подразделяются в минерагеническом отношении по обогатимости на основании прогнозно-технологической оценки – горизонты красноцветной и пестроцветной ассоциации.

Основополагающим показателем промышленной ценности калийных залежей является их качество. Эффективно вовлечь запасы в разработку в полном цикле комплексного освоения месторождений возможно только с обоснованием требований к качеству вовлекаемого в эксплуатацию природного и техногенного минерального сырья. Однако, в настоящее время методика обоснования требований к качеству руд в полном цикле комплексного освоения месторождений отсутствует, ее разработка представляет весьма актуальную задачу.

Основные требования промышленности к качественным показателям – мономинеральный состав; невысокое содержание вредных примесей (для сильвинитовых руд – нерастворимого в воде остатка и хлористого магния); морфология соляных залежей (пласты и линзы); выдержанность по площади и разрезу; слабая выраженность тектонических нарушений; глубина залегания (для шахтной разработки не более 1000-1200 м при мощности более 1-2 м, для скважинной – до 2500 м).

Оконтуриванию рудных тел залежей предшествует процедура технико-экономического обоснования кондиций. Расчетами выполняется подбор предельных параметров оруденения, при которых возможна рентабельная разработка месторождения по экономическим показателям на момент выполнения оценки – минимальное промышленное и бортовое содержание, минимальная промышленная мощность рудных тел, максимальная мощность безрудных прослоев, включаемых в промышленный контур и т.д.

Оценочные параметры – это совокупность обоснованных аналогий и (или), реже, экономически предельных требований промышленности к качеству и количеству руд и к горнотехническим условиям их добычи, при которых обеспечиваются оптимальный вариант локализации и количественной оценки прогнозных ресурсов, принятие объективного решения о целесообразности и очередности продолжения геологоразведочных работ с целью повышения геологической изученности недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы. Основное их назначение – локализация заключённых в недрах прогнозных ресурсов и разделение на кондиционные и некондиционные. Оценочные параметры не характеризуют оптимальные горно-геологические условия прогнозируемого объекта, так как не содержат характеристики среднего качества полезного ископаемого. Ими определяются только предельные значения показателей, при которых обеспечивается экономическая целесообразность продолжения геологоразведочных работ на перспективном объекте.

Выбор показателей оценочных параметров вызывает определённые проблемы при прогнозировании и поисках полезных ископаемых по причине ограниченного объёма геологической информации на ранних стадиях геологоразведочных работ, отсутствия необходимых методических разработок, недостаточного опыта проведения геолого-экономической оценки прогнозных ресурсов. Состав показателей зависит от возможности проведения оценки прогнозных ресурсов прямыми способами геометризованными рудными телами или, по аналогии с перспективными площадями, без геометризации рудных тел.

Геометризованными рудными телами со сплошным или прерывистым характером распределения промышленных руд внутри тел прямыми способами оцениваются прогнозные ресурсы категории P_1 и основная часть прогнозных ресурсов категории P_2 . По перспективным площадям без геометризации рудных тел по аналогии оцениваются прогнозные ресурсы категории P_3 , реже P_2 (в основном по результатам прогнозно-поисковых, геолого-съёмочных и поисковых работ масштаба 1:50 000). В качестве оценочных параметров для локализации прогнозных ресурсов категории P_1 , реже P_2 , на флангах и глубоких горизонтах месторождений (рудных полей с месторождениями) используются временные или постоянные разведочные кондиции, утверждённые для этого месторождения в установленном порядке. Для новых объектов при определении количества прогнозных ресурсов категории P_1 и P_2 оценочные параметры устанавливаются на основании аналогии с утверждёнными в установленном порядке временными или постоянными разведочными кондициями и не должны быть шире состава временных разведочных кондиций для подсчёта запасов.

В общей схеме геологоразведочного процесса в таких крупных калиеносных бассейнах, как Припятский, прогнозно-минерагенические исследования занимают строго определенное положение. Завершая работы одних стадий, они определяют целесообразность открытия работ следующих стадий. Определенная потенциальная рудоносность площадей различных уровней позволяет ранжировать структуры по степени их перспективности и даже масштабу ожидаемого оруденения.

В геологическом отношении прогноз месторождений калийных солей базируется на принципах и методах минерагенического анализа. Методика крупномасштабного прогнозно-минерагенического районирования определяется комплексированием материалов, полученных на основе применения геологических, геофизических и структурно-вещественных методов. Объектами такого прогноза являются калийные месторождения и перспективные на калийные соли участки, состоящие из совокупности того или иного количества рудных тел (пластов, слоев), участвующих в строении калийных горизонтов.

Выбор площадей и участков для постановки дальнейших поисково-разведочных работ на калийные соли в Припятском прогибе осуществляется на основе оценки перспективности территорий. При анализе имеющихся геологических материалов главное внимание обращается на такие аспекты, как систематика рудоносных объектов с учетом геолого-промышленных типов и оценка их значимости в районе исследований; выяснение условий локализации с определением роли структурных факторов в процессах калийного рудогенеза и размещения месторождений или рудопроявлений; оконтуривание минерагенических единиц разных рангов и определение их промышленного потенциала.

Основой для осуществления прогнозно-минерагенических исследований в рамках крупномасштабного прогнозирования служат минерагенический профиль и геолого-структурная позиция калийных залежей также, как и калиеносного структурно-вещественного комплекса (калиеносной субформации). Используются браковочные (оценочные) кондиции. Браковочные кондиции составляются применительно к конкретным промышленным типам месторождений и выражают минимальные требования промышленности к количеству и качеству сырья. По достоверности и точности параметров они существенно отличаются от временных и постоянных кондиций, применяемых на стадии разведки, выполняя роль граничного условия при оценке новых объектов на ранних стадиях общего геологоразведочного процесса и обосновании отбраковки рудопроявлений непромышленного значения от промышленно интересных.

Однако прогнозирование на сугубо «качественной» основе имеет свои допустимые пределы. Возрастает роль количественного прогнозирования – количественной оценки прогнозных ресурсов и количественной оценки влияния рудоконтролирующих факторов на размещение оруденения. При этом признаковое неоднородное множество подразделяется на группы, включая положение объекта в геологическом пространстве, геотектоническую позицию и возраст; атрибутивные данные о размерах, внутреннем строении, содержании компонентов и т.д.; факторные данные, отражающие геологическую позицию объекта, форму и иные параметры и определяющие особенности месторождения; критериальные данные, содержащие комбинации и различные характеристики факторных признаков (ориентировка разломов, их кинематический тип и др.). Разработан паспорт перспективных участков – их атрибутивная анкета, составленная на основе количественной оценки рудоконтролирующих факторов и прогнозных ресурсов. Паспорт перспективных участков включает следующие информационные блоки:

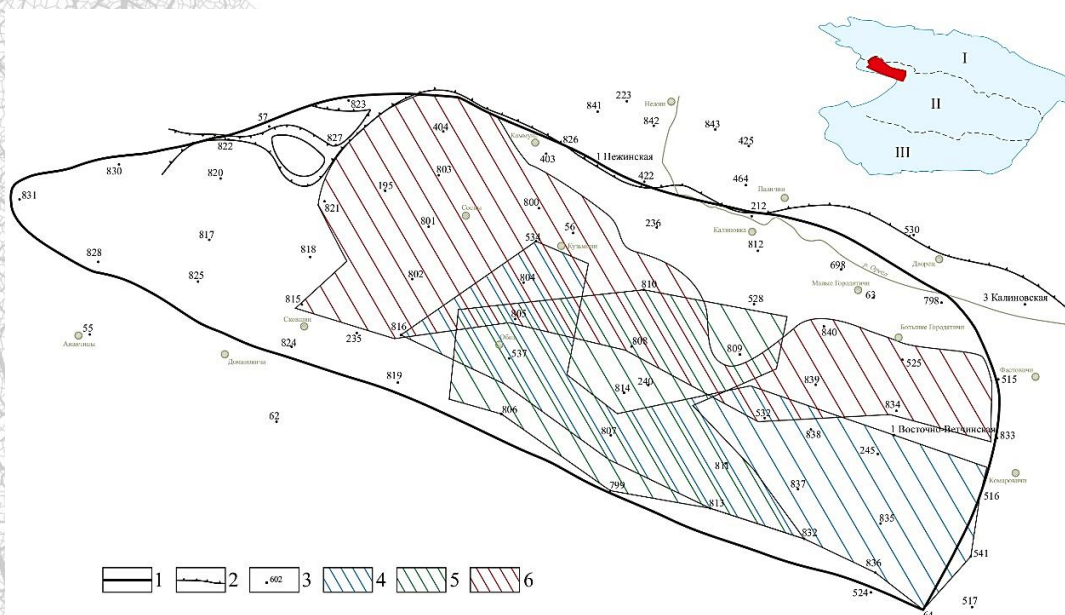
- 1) характеристика объекта (вид сырья, наименование объекта, его ранг, геолого-промышленный тип, степень изученности, административно-территориальное и минерагеническое положение, перспективные солеконтролирующие и солелокализирующие структуры, геологическая формация и возраст, рудообразующие и вмещающие породы, морфология тел полезных ископаемых, общее количество горизонтов, продуктивные горизонты, элементы залегания соляных отложений и соляных тел, их параметры, характеристики добычи солей, вещественный состав солей продуктивного пласта, предполагаемая технология переработки);
- 2) оценка прогнозных ресурсов (объект-аналог, метод оценки прогнозных ресурсов, используемые при оценке исходные параметры, глубина оценки, категория и количество прогнозных ресурсов, величина ресурсов, приведенная к промышленным категориям);
- 3) геолого-экономическая оценка (объект-аналог, методика оценки, основные исходные параметры, основные расчетные параметры, рекомендации по дальнейшему освоению объекта).

Паспорта перспективных участков обязательно сопровождаются схемами блокировки запасов в пределах их территории. В качестве примера приведена схема блокировки запасов по Ново-Дубровскому участку (рисунок).

От ранних к поздним стадиям геологоразведочного процесса обеспечивается последовательная локализация перспективных площадей в ранжированном ряду минерагенических таксонов. На

разведочных стадиях выделяются отдельные участки, рудные тела и блоки в пределах месторождений, отличающиеся друг от друга количественными и качественными особенностями состава, строения и залегания полезного ископаемого, а также степенью разведанности.

При прогнозных исследованиях выделяются перспективные площади разных рангов и размеров – пространственные прогнозно-минерагенические или минерагенические категории. Среди таксонов в качестве перспективных (рудоносных) площадей обычно выделяются: *перспективная площадь* – структурно обособленный участок земной поверхности, характеризующийся специфическим составом и строением, обнаруживающий признаки



1- граница площади, 2 - разломы, 3 - скважины, 4 - поле с прогнозными ресурсами калийной залежи горизонта IV-п слоя 1 категории C_2 , 5 - поле с прогнозными ресурсами калийной залежи горизонта IV-п слоя 3 категории C_2 , 6 - поле с прогнозными ресурсами калийной залежи горизонта VII-п категории C_2

Рисунок 1 – Схема блокировки запасов по Ново-Дубровскому участку

промышленной рудоносности и выделяемый для дальнейшего проведения геолого-съёмочных или поисковых работ; *перспективный участок* – структурно обособленная часть рудного поля, характеризующаяся специфическим составом и строением рудовмещающих пород на уровне фаций и субфаций, содержащая признаки промышленного оруденения и расцениваемая как потенциальное месторождение. Участки выделяются и оконтуриваются с использованием прямых признаков локализации оруденения и типовых моделей месторождений. Статус объектов промышленного

освоения участки недр приобретают в результате поэтапных геологоразведочных работ и последовательных процедур геолого-экономических и стоимостных оценок (переоценок) с использованием получаемых (приращиваемых) геологических данных, данных о ценах на товарную продукцию недр и о затратах, связанных с освоением месторождений полезных ископаемых, инфраструктурной подготовкой региона и другими факторами. Различия в удельных затратах на их освоение определяются ранжированием месторождений и перспективных участков недр полезных ископаемых по горно-геологическим условиям. Такая детальность оценки перспективности и изученности участков определяет обоснование выбора последовательности (очередности) освоения рекомендуемых объектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Количественная и геолого-экономическая оценка ресурсов неметаллических полезных ископаемых. Методическое пособие в трех томах. Том 1. Агрохимическое сырье. Труды ЦНИИГеолнеруд, Казань, ЗАО «Новое знание», 2007 – 208 с.

УДК 553.63:[549+552](476)

ПЕТРОВА НАТАЛЬЯ СЕМЕНОВНА,

кандидат геолого-минералогических наук, доцент, ведущий научный сотрудник

ДЕНИСОВА НАТАЛЬЯ ЮРЬЕВНА,

кандидат географических наук, начальник отдела геологии и минерагении платформенного чехла

Филиал «Институт геологии» Государственного предприятия «НПЦ по геологии»
Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь
ул. Купревича, 7, 220141, Минск, Беларусь,
E-mail: belnigri@list.ru, denisov.nat@yandex.by

РОЛЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ В ОТКРЫТИИ СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ И РАЗВИТИИ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ КАЛИЙНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Рассмотрена история формирования и развития белорусской научной школы соляной геологии, внесшей неоценимый вклад в изучение Старобинского месторождения и открытие новых месторождений калийных солей в Припятском прогибе, а также в научное обеспечение геологоразведочных работ на калийные соли, создание минерально-сырьевой базы и перспектив развития калийной промышленности Республики Беларусь. Отмечены основные проблемы отрасли, требующие своевременного решения.

Ключевые слова: Припятский прогиб; калийные соли; средневерхнефаменская соленосная формация; калиеносная субформация; Старобинское месторождение; Петриковское месторождение; перспективные участки; геологоразведочные работы.

The history of the formation and development of the Belarusian scientific school of salt geology is considered, which made an invaluable contribution to the study of the Starobin deposit and the discovery of new deposits of potassium salts in the Pripyat trough, as well as to the scientific support of geological exploration for potassium salts, the creation of a mineral resource base and prospects for the development of the potash industry of the Republic Belarus. The main problems of the industry that require timely solutions are noted.

Key words: Pripyat trough; potassium salts; Middle Upper Famennian salt formation; potassium subformation; Starobinskoye field; Petrikovskoye field; promising areas; geological exploration work.

Несомненно, в предшествующие годы в Беларуси была создана и в настоящее время успешно осваивается значительная минерально-сырьевая база калийных солей. Калийные соли обеспечивают устойчивое функционирование и сбалансированное развитие базового для республики агропромышленного экономического комплекса. Калийная промышленность – важнейший источник поступления валюты и формирования бюджета страны.

Успех развития калийной отрасли Республики Беларусь во многом обусловлен правильным взаимоотношением между производственными работами и научными исследованиями. Адекватное понимание геологического строения и генезиса соленосных формаций имеет огромное практическое значение как для сохранения резервной базы калийных солей, так и для обеспечения безопасности ведения подземных горных работ. Это трудоемкий и наукоемкий процесс, требующий большого количества достоверных исходных геологических данных и глубоких теоретических знаний. Можно согласиться со словами Марии Михайловны Варавы, одного из крупных специалистов-технологов в области обогащения калийных солей: «Геологи всегда находятся во главе процесса освоения месторождения!».

Как это было в аспекте исторического развития? Уже проведенные в предвоенные месяцы 1941 года геологоразведочные работы в Беларуси выявили наличие соленосных отложений в Припятском прогибе. Особое значение имели работы Залмана Абрамовича Горелика, который на основе результатов бурения первой глубокой скважины на Давыдовской площади обосновал перспективы выявления месторождений минеральных солей. В 1949 году при бурении структурной скважины №1 у деревни Чижевичи Старобинского (ныне Солигорского) района было открыто Старобинское месторождение калийных солей. С этого момента начинается история изучения калийных солей в Беларуси. Государственная премия СССР в 1952 году за открытие и разведку Старобинского месторождения была присуждена Г.В. Богомолу, А.А. Иванову, П.А. Леоновичу, А.И. Нестерову, Н.П. Нестеровой, Л.В. Проходцеву, А.М. Розину, А.К. Шиленко.

Начиная с 1949 года, на северо-западе региона проводились геологоразведочные работы с целью оценки и расширения площади Старобинского месторождения, оконтуривания площадей распространения промышленных калийных горизонтов. В последующем осуществлялась оценка общих перспектив калиеносного бассейна, прежде всего к востоку от детально разведанной площади Старобинского месторождения. Было установлено широкое распространение выявленных промышленных калийных горизонтов, обнаружено более 30 новых, среди которых горизонты с карналлитовой залежью значительной мощности. На продолжении Старобинского месторождения были выделены Нежинский, Смолковский, Осовецкий, Любанский участки. Даже появился термин «Большое Старобинское месторождение».

Одним из главных итогов поисковых работ явилось открытие Петриковского месторождения, руды калийных горизонтов которого отличаются от старобинского типа. Начиная с этого момента, геологоразведочные работы продолжались последовательно, в соответствии со стадийностью, от

поисково-оценочных работ и предварительной разведки до детальной разведки с изучением геологического строения, тектоники Петриковского месторождения и структурно-вещественных особенностей калийных руд. Среди важнейших результатов следует отметить детальное изучение тектоники Петриковского месторождения и составление «Тектонической карты Петриковского месторождения масштаба 1:50 000», схем индексации калийных горизонтов, разработанных для Северного, Центрального и Южного ареалов структурных форм Припятского прогиба, проведение корреляции калийных залежей (Э.А. Высоцкий, Б.А. Протасевич, В.З. Кислик). Эти работы и сейчас не утратили своего значения для исследования соленосных толщ Припятского калиеносного бассейна.

Большой вклад в изучение калийных солей на разных этапах внесли геологи С.Х. Баязитов, В.С. Блецко, В.Н. Вишневский, Г.В. Вишневская, В.П. Дашкевич, И.И. Зеленцов, А.Я. Зингерман, Н.Я. Карпович, И.Ф. Коньков, В.Д. Кожин, Н.В. Матыченкова, И.А. Линник, В.С. Плутенко, Н.А. Пекарь, М.И. Швец, В.Е. Швец, С.А. Филюта, П.З. Хомич.

Следует отметить и важное значение работы рудничных геологов в выявлении особенностей строения «подземных кладовых» и оценке геологических рисков при освоении месторождений. Первым главным геологом на Старобинском месторождении была Фомина Вера Дмитриевна – великолепный геолог-солевик и удивительная женщина, знаниями и стараниями которой были решены многие проблемы на новом для калийной отрасли месторождении, во многом непохожем на Верхнекамское.

Научным обеспечением геологоразведочных работ на калийные соли в Беларуси занималось несколько организаций: Всероссийский научно-исследовательский и проектный институт галургии (ВНИИГалургии, г. Санкт-Петербург), ИФЗ Санкт-Петербургского государственного университета, Институт им. Карпинского (ВСЕГЕИ, г. Санкт-Петербург), ОАО «Белгорхимпром», Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт (БелНИГРИ, г. Минск) и ряд других. Специфика белорусской научной школы соляной геологии состоит в том, что в ее становлении и развитии участвовали выдающиеся отечественные геологи-солевики: М.П. Фивег, А.А. Иванов, М.Г. Валяшко, А.Е. Ходьков, А.Л. Яншин, С.М. Корневский, да и зарубежные коллеги с интересом следили за эволюцией белорусской соляной школы. Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт – организация, которая за многие десятилетия своих исследований внесла наиболее значимый вклад в изучение калийных солей Припятского прогиба, начиная с приезда в г. Минск в 1956 году известного специалиста в области геологии соленосных формаций, доктора геолого-минералогических наук Валентина Николаевича Щербины.

В исследовании Припятского калиеносного бассейна четко вырисовывается несколько научных направлений:

1. изучение различных аспектов геологии месторождений калийных солей и оценка калиеносности территории Припятского прогиба, включая фундаментальные теоретические проблемы галогенеза;
2. разработка методик геофизических исследований скважин;
3. стратиграфические исследования «немых» соленосных толщ на основе спорово-пыльцевых комплексов;
4. изучение проблем гидрогеологии;
5. охрана окружающей среды в районах освоения калийных месторождений.

Наибольшее развитие получило научное направление, связанное с изучением различных аспектов геологии, структурно-текстурных и геохимических особенностей калийных залежей и галогенных структурно-вещественных комплексов. Использование в Белорусском научно-исследовательском геологоразведочном институте с самых первых моментов исследований системного подхода в изучении элементов строения разного порядка позволило заложить основу в решении вопросов строения соленосной толщи. В коллективе сектора минеральных солей института сформировалась команда специалистов, любящая исследование галогенных формаций, креативная и по-хорошему честолюбивая.

Работами В.Н. Щербины, Р.К. Шабловской, Ю.И. Лупиновича, Д.М. Ерошиной, Н.В. Зайцевой, В.З. Кислика, Э.В. Седун, О.К. Ляховича, А.К. Народецкой было выяснено строение средневерхнефаменской соленосной толщи, выполнено расчленение на элементы (пачки и ритмопачки, этажи калиенакопления), проведено детальное изучение строения промышленных калийных горизонтов (I, II, III, IV), структурно-текстурных особенностей и вещественного состава калийных руд. В.З. Кисликом впервые были изучены зоны замещения, выявленные во II калийном горизонте, разработана их классификация и критерии прогнозирования. Успешно и до сих пор геологами Беларуси используется ритмостратиграфическая схема расчленения соленосной толщи, созданная В.Н. Щербиной и Д.М. Ерошиной для территории Припятского прогиба. Большая роль в систематизации геолого-геофизического материала и анализе закономерностей распространения залежей калийных солей принадлежит Э.А. Высоцкому. В этот же период было положено начало изучению геохимических особенностей хлоридного калийного рудогенеза на базе физико-химического анализа солевых систем (Н.С. Петрова, Ю.И. Лупинович).

Большое внимание уделялось прогнозной оценке калиеносности территории Припятского прогиба. На основании разработанных критериев поиска (В.З. Кислик, Э.А. Высоцкий, Н.С. Петрова) были выделены территории, перспективные на обнаружение калийных солей. Постановка геологоразведочных работ в их пределах привела к открытию новых перспективных участков – Копаткевичского, Житковичского, Смолковского, Дроздовского и Октябрьского месторождения калийных солей. Да и на Старобинском месторождении все эти годы проводились дополнительные геологоразведочные работы в пределах и на флангах шахтных полей.

Геолого-поисковые работы в Припятском прогибе продолжались вплоть до 1993 года и были связаны, в основном, с оценкой перспективных участков в пределах территории Припятского прогиба: в Северном структурном ареале – Нежинского, Смолковского (с изучением Октябрьского месторождения) участков, Дроздовской и Ново-Дубровской площадей, в Центральном структурном ареале – Копаткевичского участка и северной части Туровской депрессии на Житковичском участке.

На этом этапе изучены строение нижней соленосной толщи и выявленные в ней калийные залежи, их состав и распространение (Д.М. Ерошина). Рассмотрены пространственно совмещенные месторождения калийных солей и нефтидов на основе концепции оценки минерагенической специализации осадочного выполнения Припятского прогиба. Систематизированы результаты петрографических и геохимических исследований калийных руд и вмещающих отложений (Н.С. Петрова, С.М. Обровец). Материалы исследований сконцентрированы в монографиях «Девонские соленосные формации Припятского прогиба» (1982) и «Калийные соли Припятского прогиба» (1984), которые до сих пор являются настольными книгами, по крайней мере, трех поколений геологов, занимающихся вопросами безопасности и повышением эффективности работы рудников и остаются, к сожалению, единственным напоминанием о сложном пути постижения истины в рамках общих проблем галогенеза. В свое время, монография «Девонские соленосные формации Припятского прогиба» получила серебряную медаль ВДНХ.

Начиная с 90-х годов прошлого столетия, стагнация геологоразведочной отрасли привела к некоторому затормаживанию развития как производственных работ, так и научных исследований в области геологии соленосных формаций. Как правило, новые результаты заключаются в уточнении и детализации ранее выявленных закономерностей. Хотя главные черты геологического строения соленосных формаций Припятского калиеносного бассейна остаются незыблемыми, продолжают исследования, связанные с комплексным обобщением геологических материалов по потенциальной калиеносности Припятского прогиба и касающиеся оценки продуктивности промышленно значимых и

высокоперспективных объектов. Большое внимание уделяется прогнозно-технологической оценке калийных руд, разработке Требований к изучению вещественного состава технологических проб сильвинитовых руд Припятского калиеносного бассейна при проведении геологоразведочных работ (Н.С. Петрова, Н.Ю. Денисова).

Несмотря на то, что геологами на предыдущих этапах создана «мощная подушка безопасности для дальнейшего развития калийной отрасли», эффективное и экономически оправданное расширение и использование минерально-сырьевой базы калийных солей требуют:

- разработки методологии локального прогноза в рамках оценки продуктивности калийных залежей,
- усиления тематических прогнозно-минерагенических работ с расчетами прогнозных оценок сырьевых ресурсов с целью создания поискового задела на основе современных научных достижений в области наук о Земле,
- разработки и внедрения в практику, в том числе с постановкой опытно-методических и опытно-промышленных работ, новых инновационных подходов к оценке качества, технологиям добычи, переработки, обогащения и модификации сырья, включая калийно-магниевые руды,
- геолого-экономической переоценки нераспределенного фонда недр на основе требований современных технологий добычи, обогащения и модификации сырья и с учетом тенденций развития мирового рынка сырья и продукции на его основе для правильного выбора последовательности разработки перспективных участков,
- пересмотра нормативно-технической документации для оценки качества и технологических свойств сырья на основе микроструктурных особенностей руд.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Петрова, Н.С. К 70-летию открытия Старобинского месторождения калийных солей / Н.С. Петрова, Н.Ю. Денисова // Літасфера. – 2019. – 1 (50). – С. 170–174.

УДК 552.161 (476)

**ПISKUN OLEG ALEKSANDROVICH, TOLKACHIKOVA ALLA ALEKSANDROVNA,
ГУРИНОВИЧ МАРИНА ПЕТРОВНА, КРИВОЛАП ОЛЕГ ИГОРЕВИЧ,**

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»
ул. Академика Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь,
E-mail: onoshko_m44@mail.ru

**ПЕРСПЕКТИВЫ РУДОНОСНОСТИ МЕТАСОМАТИТОВ УЧАСТКА «ШНИПКИ»
КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ЗАПАДА БЕЛАРУСИ**

Дана минералого-геохимическая характеристика метасоматитов рудоносного участка «Шнипки», расположенного на западе кристаллического фундамента Беларуси. Выделены основные типы метасоматитов, выявлены особенности их химизма и определена металлогеническая специализация. Сделан вывод о перспективности участка на выявление полиметаллических руд.

Ключевые слова: кристаллический фундамент; участок «Шнипки»; метасоматиты; минералогия; геохимия; рудоносность.

**PISKUN OLEG ALEKSANDROVICH, TOLKACHIKOVA ALLA ALEKSANDROVNA, HURYNOVICH
MARINA PETROVNA, KRYVALAP OLEG IGOREVICH,**

State enterprise «SPC for geology»
Akademika Kuprevicha st., 7, 220084, Minsk, Belarus,
E-mail: onoshko_m44@mail.ru

**PROSPECTS FOR ORE CONTENT OF METASOMATITES OF THE “SHNIPKI” AREA OF THE
CRYSTALLINE BASEMENT OF WEST BELARUS**

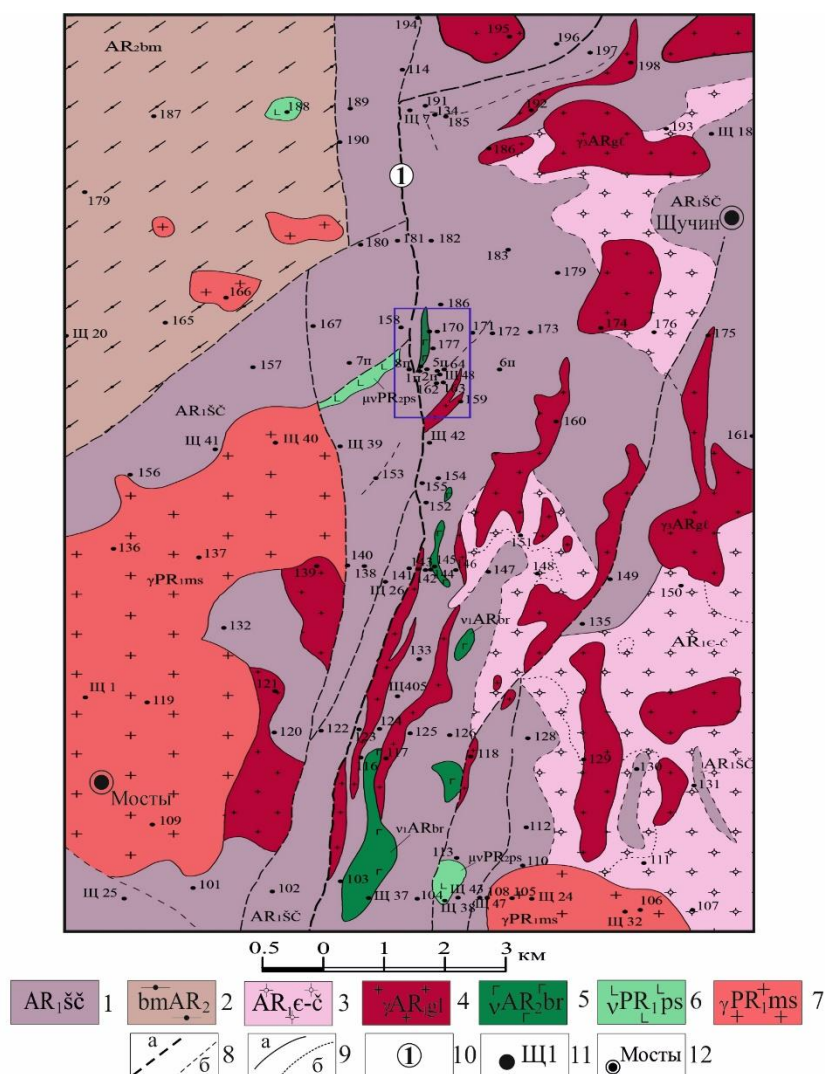
Detailed mineralogical and geochemical characteristics of metasomatites of the ore-bearing site “Shnipki”, located in the west of the crystalline basement of Belarus. The main types of metasomatites are identified, the features of their chemistry are revealed, and their metallogenic specialization is determined. It was concluded that the site is promising for identifying polymetallic ores.

Key words: crystalline basement; “Shnipki” area; metasomatites; mineralogy; geochemistry; ore prospects.

В настоящее время в докембрийском кристаллическом фундаменте на западе Беларуси известно несколько участков развития метасоматических образований, с которыми связаны полиметаллические и редкометальные рудопроявления («Шнипки», «Ельня», «Ляцкое», «Озеры» и «Скидельское»). Однако степень изученности большинства из них остается крайне низкой.

С учетом проведенных новых исследований, одним из наиболее перспективным на обнаружение рудоносных залежей является участок «Шнипки», расположенный в Щучинском районе Гродненской области и локализованный в пределах Щучинской зоны разломов в северо-восточном экзоконтакте Мостовского гранитоидного массива (рисунок 1). Породы кристаллического фундамента здесь залегают на глубине от 194 м и представлены гнейсами и кристаллическими сланцами щучинской серии, которые подверглись мощной гидротермально-метасоматической проработке.

На участке пробурено 14 скважин, которые вскрыли линейно вытянутую, крутопадающую на восток (под углом $80-85^\circ$) залежь окварцованных, скарнированных, эпидотизированных пород. Оруденение представлено обильной вкрапленностью и прожилками сульфидов и магнетита, которая, вероятнее всего, образовалась вследствие пневматолит-гидротермальной деятельности в околоинтрузивной зоне Мостовского гранитоидного массива, наибольшая активность которой была проявлена в ослабленных зонах Щучинского разлома [1, 2].



1 – щучинская серия: кристаллические сланцы, плагиогнейсы, амфиболиты; 2 – комплекс высокотемпературных бластомилонитов; 3 – эндербит-чарнокитовый комплекс; 4 – голеновский комплекс: граниты ортоклазовые; 5 – березовский комплекс: метагabbроиды; 6 – песковский комплекс: долериты; 7 – мостовский комплекс: кварцевые монцодиориты, граниты, лейкограниты; 8 – разрывные нарушения: а – региональные, б – локальные; 9 – геологические границы: а – между разновозрастными образованиями, б – между метасоматитами и вмещающими породами; 10 – Щучинский разлом; 11 – буровые скважины; 12 – населенные пункты.

Рисунок 1 – Схематическая геологическая карта кристаллического фундамента в районе расположения участка «Шнипки» [4]

Участок характеризуется широким набором разностей пород. Отмечается определенная зональность – от менее измененных пород, вдали разломной зоны, до метасоматитов (скарны, альбититы и олигоклазиты) в зоне тектонического влияния разлома [4].

Скарны это плотные, пятнистые породы светло-бежевого, серого и розоватого цвета, с неяснополосчатой, линзовидно-полосчатой и массивной текстурой и гранобластовой,

пойкилобластовой структурой. Среди них выделяются карбонатно-силикатные и карбонатные типы пород.

В зависимости от соотношения минералов среди *карбонатно-силикатных скарнов* выделяются гранат-кварц-карбонатные, кварц-гранат-карбонатные, кварц-скаполит-карбонатные, гранат-кварц-эпидот-карбонатные, эпидот-кварц-карбонат-гранатовые, кварц-карбонат-гранатовые, кварц-эпидот-карбонат-гранатовые, гранат-эпидот-кварцевые, скаполит-гранат-эпидот-кварцевые, скаполит-эпидот-кварцевые, карбонат-эпидот-кварцевые, карбонат-гранат-эпидот-кварцевые, амфибол-эпидот-гранат-кварцевые, амфибол-эпидот-плагиоклазовые, плагиоклаз-кварц-гранат-скаполит-эпидот-амфибол-карбонат-пироксеновые разновидности. Содержание породообразующих минералов варьирует (%): гранат – 0–45, кварц – 15–50, карбонат – 0–40, эпидот – 0–35, скаполит – 0–20, амфибол – 0–10, пироксены – 0–15. По содержанию оксида кремния ($\text{SiO}_2 = 46 \%$) (таблица 1, № 1) они относятся к породам основного состава и характеризуются высоким содержанием CaO (20 %), высокой железистостью ($F_{\text{общ}} = 0,81$), низкой титанистостью ($t' = 3$) и магнезиальностью ($\text{mg\#} = 0,19$), умеренной глиноземистостью ($\text{al}' = 0,9$).

Для *карбонатных скарнов* характерно значительное присутствие карбонатных минералов – до 80–95 %. В их составе могут наблюдаться в небольшом количестве пироксены (клинопироксен), амфибол, кварц, гранат, скаполит, эпидот. Карбонатные скарны петрохимически представляют собой однородную группу пород с высоким содержанием CaO – до 50 % (таблица 1, № 2). Содержание оксидов кремния ($\text{SiO}_2 = 7 \%$) и титана ($\text{TiO}_2 = 0,2 \%$) в них крайне низкое. Породы характеризуются умеренной железистостью ($F_{\text{общ}} = 0,6$), низкой глиноземистостью ($\text{al}' = 0,3$) и щелочностью ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 0,5$), повышенной магнезиальностью ($\text{mg\#} = 0,4$).

Таблица 1 – Химический состав (мас. %) метасоматических образований участка «Шнипки»

Компоненты	1	2	3	4	5
SiO_2	46,62	7,04	61,46	57,89	62,18
TiO_2	0,29	0,23	0,26	0,9	0,74
Al_2O_3	9,64	1,03	8,84	21,48	17,59
Fe_2O_3	4,19	1,23	7,12	0,78	0,05
FeO	5,36	0,76	3,99	1,08	3,77
MnO	0,43	0,28	0,15	0,05	0,05
MgO	2,06	1,28	2,12	4,52	2,72
CaO	19,85	49,76	4,95	3,22	2,1
Na_2O	0,53	0,23	0,73	6,68	6,9
K_2O	0,65	0,33	1,22	1,41	2,04
P_2O_5	0,04	0,07	0,01	0,12	0,2

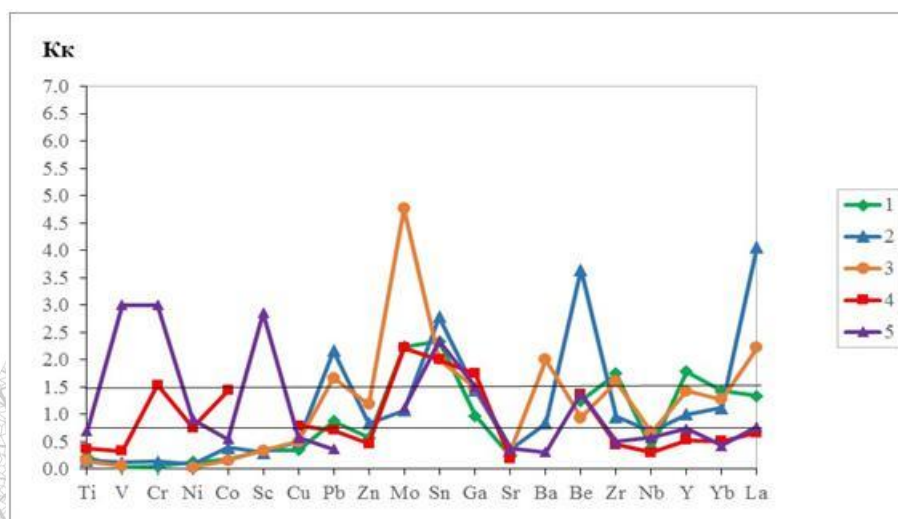
SO ₃	0,57	0,24	0,91	–	0,06
П.п.п	8,37	38,09	7,52	1,19	1,53
Сумма	99,70	100,05	98,94	99,32	99,93
F _{общ}	0,81	0,62	0,78	0,3	0,59
t'	3,41	12,23	3,56	48,39	19,37
al'	0,93	0,32	1,02	3,37	2,69
mg#	0,19	0,38	0,22	0,7	0,41
FeO*/MgO	4,05	1,47	5,09	0,39	1,4
Na ₂ O+K ₂ O	1,18	0,55	1,95	8,09	8,94
Na ₂ O/K ₂ O	1,73	0,58	0,77	4,74	3,38
n	8	4	5	1	1

Примечание – 1 – карбонатно-силикатные скарны, 2 – карбонатные скарны, 3 – гнейсы метасоматически измененные, 4 – олигоклазиты, 5 – альбититы

Метасоматически измененные (скарнированные) породы (биотитовые и гранат-биотитовые гнейсы) представляют собой образования полосчатой, сланцеватой текстуры с порфиробластовой, лепидогранобластовой структурой. Минеральный состав (%): плагиоклаз – 20–25, кварц – 30–35, гранат – 15–20, биотит – 7–10, мусковит – 3–5, скаполит – 3–5, калиевый полевой шпат, карбонаты. Породы относятся к образованиям среднего состава (SiO₂ = 61 %) (таблица 1, № 3) и характеризуются высокой железистостью (F_{общ} = 0,8), умеренной титанистостью (t' = 3), глиноземистостью (al' = 1) и магнезиальностью (mg# = 0,2).

Альбититы и олигоклазы – это мелкозернистые плотные образования сахаровидного облика с массивной текстурой и аплитовой, гранобластовой структурой. Породы различаются лишь составом плагиоклаза, содержание которого достигает 80–90 %. Также в них может присутствовать кварц, калиевый полевой шпат и слюда, а также циркон, монацит, апатит и карбонаты. Породы имеют средний состав (SiO₂ = 58–62 %) (таблица 1, № 4, 5) и характеризуются от низкой до умеренной железистостью (F_{общ} = 0,3–0,6), весьма высокой титанистостью (t' = 19–48), высокой глиноземистостью (al' = 2,7–3,4) и магнезиальностью (mg# = 0,4–0,7).

Как показали геохимические исследования, отмечается неравномерность в распределении малых элементов в разных породах (рисунок 2), но в общем, для всех метасоматитов характерно повышенное содержание Sn (3–4 г/т, в 2–3 раза выше кларка по А.П.Виноградову [3]).



1 – карбонатно-силикатные скарны; 2 – карбонатные скарны; 3 – гнейсы метасоматически измененные; 4 – альбититы; 5 – олигоклазиты. Кк – отношение содержаний элементов в породах к значениям кларков пород соответствующего состава по А.П. Виноградову [3]. Область значений Кк, близких к кларковым ($K_k = 0,5–1,5$), выделена линиями. Анализы выполнялись эмиссионным приближенно-количественным методом в Производственном объединении «Центрказгеология» (г. Караганда) и в Центральной лаборатории ГП «НПЦ по геологии».

Рисунок 2 – Тренды относительного распределения микроэлементов в метасоматических породах участка «Шнипки»

В карбонатно-силикатных скарнах, скарнированных породах и альбититах наблюдается повышенная концентрация **Mo** (3–7 г/т, выше кларка в 2–5 раза); карбонатные скарны обогащены **Pb** (17 г/т), **Be** (4 г/т) и **La** (60 г/т), содержание которых превышает кларк в 2–4 раза; скарнированные породы – **Pb** (13 г/т), **Ba** (600 г/т), **Zr** (160 г/т) и **La** (30 г/т) (выше кларка в 2–5 раз). Олигоклазиты характеризуются обогащенностью **V** (300 г/т), **Cr** (150 г/т) и **Sc** (40 г/т) (выше кларка в 3 раза). Геохимическая специализация карбонатных, карбонатно-силикатных скарнов и скарнированных пород определяется как *халькофильно (Pb, Mo, Sn)-редкоземельная с Be*; альбититов – как *сидерофильно (Cr)-халькофильная (Mo, Sn)*; олигоклазитов – как *сидерофильная (V, Cr, Sc) с Sn*.

Отдельные минерализованные интервалы характеризуются высокой концентрацией рудных элементов (таблица 2). Максимальное содержание **Co** (до 200 г/т, $K_k = 20$), **Cu** (до 400 г/т, $K_k = 11$) и **Zn** (до 600 г/т, $K_k = 8$) отмечается в скарнированных гнейсах из скв. Шн 8п, **Pb** (до 200 г/т, $K_k = 13$) и **Be** (до 150 г/т, $K_k = 75$) в карбонатно-силикатных скарнах из скв. М 164. Практически во всех метасоматитах, вскрытых рядом скважин, наблюдается от повышенного до крайне высокого содержания – **Mo** (до 10–30 г/т, $K_k = 11–33$; скв. Шн 5п и Шн 8п) и **Sn** (до 50–100 г/т, $K_k = 33–67$; скв. М 164 и Шн 4п). Высокая концентрация **Yb** и **Y** (до 40 г/т и 600 г/т, $K_k = 11$ и 18, соответственно), и **Th**

(до 80–200 г/т, Кк = 11–28), отмечается в скарнах скв. Шн 5п и М 164. Также, обращает на себя внимание обогащенность пород серебром (*Ag*) (до 1–3 г/т, Кк = 14–43) в карбонатных скарнах из скв. ОП-9 и скв. Шн 4п.

Таблица 2 – Содержания рудных и редкоземельных элементов (г/т) в минерализованных зонах участка «Шнипки»

Эле- мен- ты	Кларк сред- них пород	Скв. М 164			Скв. ОП-9		Скв. Шн 5п		Скв. Шн 1п	Скв. Шн 4п	Скв. Шн 8п	
		362,0– 366,7	380,5– 385,6	388,5– 390,4	332,0– 341,0	346,0	220,0– 232,7	237,9	215,0– 248,0	213,0– 243,3	381,2– 492,0	570,1– 574,5
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Co	10	20	10	25	15	15	8	10	50– 100	30	60– 200	30
Sc	14	15	10	8	12	7	80	20	15	30	30–40	10
Cu	35	100	20	30	10	5	50	80	50	60	150– 300	400
Pb	15	6	50	200	10	5	30	20	10	30	20	50
Zn	72	30	50	500	30	–	100	60	50	50	600	60
Ag	0,07	–	–	–	1,0	1,0	–	–	–	3,0	–	–
Mo	0,9	2	1	3	1	1	10	10	3	5	30	3
Sn	1,5	6	5	20–50	5	3	10	2	10	100	15	15
Be	2	150	3	0,8	10	1	9	1	1,5	150	3	6
Y	34	80	30	200	20	20	600	60	100	40	300	40
Yb	3,5	6	2	15	1	1,5	40	8	5	3	20	4
La	45	150	200	80	100	300	1000	80	1000– 10000	800	400	300
Ce	81	150	200	–	300– 500	1000	1000	100	1500– 10000	600	500	500
n		3	3	3	4	1	2	1	5	7	14	3

Примечание – 1 – скарны кварц-амфибол-карбонатные; 2 – гнейсы скарнированные; 3 – скарны амфибол-гранат-эпидот-карбонат-скаполит-кварцевые; 4 – скарны амфибол-эпидот-карбонатные; 5 – гнейс скарнированный; 6 – скарны кварц-эпидот-карбонат-гранатовые; 7 – скарн кварц-скаполит-карбонатный; 8–9 – гнейсы скарнированные с магнетитом; 10–11 – гнейсы скарнированные с сульфидами и магнетитом.

Несмотря на неравномерность концентрации малых элементов в метасоматитах, что связано с частой изменчивостью их минералогического состава, можно сделать вывод, что площадь участка «Шнипки» металлогенически специализирована на цветные и редких металлы (медь, молибден, свинец, цинк, серебро, бериллий) и редкоземельные элементы (церий, лантан, иттрий и иттербий), в меньшей степени на железо, кобальт, ванадий, вольфрам и тулий.

Минералогия метасоматических пород участка «Шнипки» отличается довольно большим разнообразием рудных и акцессорных минералов, были выявлены такие минералы как магнетит, ильменит, пирит, марказит, пирротин, халькопирит, пентландит, борнит, молибденит, галенит, кубанит, ксенотим, вольфрамит, азурит, сфен, ортит, монацит, флюоцерит, эпидот, скаполит, апатит,

циркон, цоизит, шеелит, мельниковит, лепидокросит, кобальтин, самородное серебро, сфалерит, ковеллин и халькозин.

С учетом как проведенных ранее исследований [1, 2], так и полученных нами новых результатов минералого-геохимического изучения пород данного участка устанавливается комплексное рудопроявление цветных и редких металлов (*молибден-медноколчеданной скарновой формации*), редкоземельных элементов (*редкоземельной метасоматической формации*) и железа (*скарново-магнетитовой формации*). Можно сказать, что участок «Шнипки» является одним из наиболее перспективных объектов для поиска и обнаружения полезных ископаемых.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Аксаментова, Н. В. О генетической природе карбонатно-силикатных пород Щучинской тектонической зоны Белорусского массива / Н. В. Аксаментова, Л. В. Ганзеева // В сб. : Поисковые критерии твердых полезных ископаемых БССР. – Минск : БелНИГРИ. – 1985. – С. 54–70.
- 2 Архипова, А. А. Генезис метасоматитов зоны щучинского разлома (Центрально-Белорусский массив) и связанного с ним оруденения / А. А. Архипова, И. В. Найденков // Літасфера. – 2002. – № 2 (17). – С. 61–78.
- 3 Виноградов, А. П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры / А. П. Виноградов // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555–571.
- 4 Пискун, О. А. Особенности вещественного состава метасоматитов кристаллического фундамента запада Беларуси (участок «Шнипки») / О. А. Пискун, М. П. Гуринович, А. А. Толкачикова, Н. С. Завадич // Літасфера. – 2022. – № 2 (57). – С. 9–23.

УДК 550.8.011

ЗАХАРИЯ ИГОРЬ РОМАНОВИЧ¹,
кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный специалист
СИЛУЯНОВ ВИКТОР НИКОЛАЕВИЧ¹,
заместитель начальника отдела
АСВИНОВ РОМАН ВАДИМОВИЧ²,
ведущий геолог

¹ Государственное предприятие «НПЦ по геологии» Филиал «Институт геологии»
ул. Академика Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь,
E-mail: oil_ig@geologiya.by

² Республиканское унитарное предприятие «Производственное объединение «Белоруснефть»
ул. Рогачевская, 9, 248003, Гомель, Беларусь,
E-mail: r.asvinov@beloil.by

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫМ РАБОТАМ В СВЕТЕ ГЛУБИННОЙ КОНЦЕПЦИИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ НЕФТИ

В статье приведены аргументации необходимости изменения подходов к проведению геологоразведочных работ (ГРП) на нефть и газ с учетом возможности их глубинного происхождения, рассмотрена роль тектонических дислокаций и трещинообразования в процессе миграции флюидов. Приведены ключевые моменты, поставленные в основу новых подходов к ГРП.

Ключевые слова: кристаллический фундамент; глубинная концепция; тектонический разлом; трещиноватость; стратегия геологоразведочных работ.

ZAKHARIA IGOR ROMANOVICH¹,
Candidate g.-m.s., Leading Researcher
SILUYANOV VICTOR NIKOLAYEVICH¹,
Deputy Chief division
ASVINOV ROMAN VADIMOVICH²,
Leading geologist

¹ State Enterprise "SPC for Geology" Branch "Institute of Geology
Academika Kuprevicha st., 7, 220084, Minsk, Belarus
E-mail: oil_ig@geologiya.by

² Republican unitary enterprise "Production Association «Belorusneft»
Rogachevskaya st., 9, 248003, Gomel, Belarus
E-mail: r.asvinov@beloil.by

NEW APPROACHES TO GEOLOGICAL EXPLORATION IN THE LIGHT OF THE DEEP CONCEPT OF OIL ORIGIN

The article presents arguments on the need to change the approaches to oil and gas exploration, taking into account the possibility of their deep origin, and considers the role of tectonic dislocations and fracturing in the process of fluid migration. Key points are presented, which are the basis of new approaches to exploration.

Keywords: crystalline foundation; deep concept; tectonic fault; fracturing; exploration strategy.

Биогенная, или органическая, биотическая концепция генерации нефти, разработанная и представленная как «осадочно-миграционная теория» на сегодняшний день является доминирующим объяснением сложного процесса образования нефти и формирования ее скоплений (на самом деле возвести в ранг теории предложенное Н.Б. Вассоевичем [1]. и дополненное рядом других учёных объяснение происхождения нефти невозможно ввиду несоблюдения требований непротиворечивости, доказуемости и фактоустойчивости [2], обязательных для теорий – то есть данное объяснение остаётся в ранге гипотез, как пока ещё и глубинная концепция). Однако глубинная (неорганическая) концепция происхождения нефти к настоящему времени подтверждается большим количеством фактов и приобретает всё больше сторонников среди геологов-нефтяников. Принятие глубинного формирования, образования нефти даже если ещё не в качестве основной идеи, то хотя бы как возможный вариант (имеющий право на жизнь и подтвержденный рядом фактов), настоятельно требует кардинального пересмотра и изменения подходов к постановке поисковых работ на нефть, смещение акцентов геофизических, геохимических, гидрохимических исследований, новых походов к тектонике региона.

Глубинная концепция – это не только про нефть и газ в породах кристаллического фундамента (КФ), это и о иных источниках углеводородов (УВ) в отложениях осадочного чехла (ОЧ), не связанных с захороненным органическим веществом осадочных толщ, и именно это ломает старые подходы к поисковым работам. Чрезвычайно важным становится изучение разломной тектоники, вопросов активности разломов и времени их активации, вопросов миграции пластовых флюидов и нефти, геотермических исследований. В то же время современные подходы к геологоразведочным работам (ГРП) базируются на всё ещё доминирующей осадочно-миграционной «теории», во главу угла которой ставится структурный фактор – то есть наличие положительной структурной формы (ловушки) для всплывающих нефти и газа под действием разности плотностей этих углеводородов и пластовой воды. То есть чисто физический параметр, и геологической мысли здесь нет. Также и способы поиска ловушек в основном имеют не геологическую, а математико-физическую основу и направлены на выявление положительных структурных форм сейсмическими методами [3].

На данном этапе сейсмические работы – основной и практически единственный способ выявления перспективных объектов; при подготовке выявленного объекта к поисковому бурению оцениваются вероятности нефтегазонасыщения ловушки, наличия коллектора и флюидоупора. Средние коэффициенты успешности поисковых работ на нефть и газ по всем изученным бассейнам мира в настоящее время составляют по разным оценкам в среднем 0,2-0,3 [4, 5] – то есть порядка 70-80 % разбуренных структур по разным причинам оказываются «пустыми». Предполагается, что изменение подходов к ГРП с учетом положений и критериев глубинной концепции позволит улучшить показатели успешности поисковых работ за счет большей обоснованности и точности рекомендаций на бурение.

Базовые критерии нефтегазоносности (НГН) территорий одинаковы как для биогенной, так и глубинной концепций происхождения нефти. Это наличие источника УВ, наличие коллектора, наличие формы, способной аккумулировать УВ (ловушки), и сохранение образовавшегося скопления (наличие флюидоупора) [6]. Базовые процессы, формирующие НГН бассейнов – это процессы образования УВ (генерации), миграции, аккумуляции, консервации и разрушения/преобразования скоплений. И именно в трактовке процессов образования, миграции и аккумуляции УВ кроются большие противоречия между сторонниками обеих концепций. Согласно глубинной концепции, поступление углеводородов в ловушки как в кристаллическом фундаменте, так и в осадочном чехле происходит по глубинным разломам, и сколь-нибудь значимая латеральная миграция по напластованию практически невозможна [3, 7, 8 и др.] – и это положение отрицает возможность концентрации и поступления углеводородов в ловушки из так называемых нефтесборных площадей, на чем настаивает биогенная концепция. Поэтому, по нашему мнению, для поисков зон концентрации (скоплений) глубинной нефти в ОЧ и КФ необходимо всестороннее изучение разломов как путей миграции (сейсмика, геохимия, термометрия), обнаружение ареалов рассеяния над возможными скоплениями и изучение теплового потока (геохимия, термометрия), поиски зон разуплотнения в КФ и коллекторов в коре выветривания (геофизические методы), а также расширение границ поиска в пределах уже открытых месторождений на объекты в более глубоких горизонтах ОЧ и КФ. Постановка ГРП с учётом принципов глубинной концепции позволит исключить как безперспективные территории, где нет активных нефтепроводящих разломов и увеличить глубинность поисков за счет возможных объектов в нижних отделах ОЧ и в КФ.

Тектонические разломы. Абсолютное большинство залежей углеводородов Припятского прогиба связано с разрывными нарушениями и контролируется ними, а сами залежи, как правило, протягиваются узкой полосой вдоль этих разломов [9, 10]. Особенно наглядно это отображено на картах нефтегеологического районирования Припятского прогиба, на которых зоны нефтенакпления

приурочены к основным тектоническим разломам – как региональным ступенеобразующим второго порядка, так и к разломам более низких рангов [11].

Разломы как объект изучения в свете глубинной концепции происхождения нефти приобретают важнейшее значение как пути поступления УВ в места их возможной аккумуляции. Важно изучить такие параметры разломов, как глубинность их заложения, проводимость, время активности и ее длительность. Особое внимание при исследованиях следует уделить узлам (пересечениям) разломов; вопросам залечивания разломов и кольматации приразломных зон пластов-коллекторов; дебитности продуктивных скважин в зависимости от удаленности от разломов, от узлов. Кроме того, важно выяснение связи всех уже открытых месторождений с разломной тектоникой (детальный анализ строения месторождений, прослеживание путей возможной миграции, глубинность и ранг разломов); оценка реального расстояния возможного смещения скоплений нефти по латерали от разломов, выяснение факторов такого смещения; предполагается также использование дистанционных методов исследований для изучения разломной сети. Заслуживает внимания изучение вопроса очередности заполнения приразломных ловушек в чехле поднимающимися по разлому УВ-флюидными смесями. Возникает необходимость исследовать связи возможного времени формирования/переформирования залежи с предполагаемым временем активации разломов. Требуется изучить возможность определения «пустых» и «нефтепроводящих» разломов, определить возможную связь «наполнения» разлома с его глубинностью, рангом и типом.

Тектонические разломы как таковые представляют собой не просто плоскость, секущую массив горных пород, а целую зону нарушения сплошности среды, с участками повышенной трещиноватости с развитием коллекторов и участками с ухудшенными коллекторскими свойствами – залеченных вторичными минералами, милонитизацией и др. Отдельного изучения требуют зоны приразломных изменений горных пород (ЗПИ), которые могут быть как экранами для движения флюидов при залечивании затронутых изменениями участков, так и путями миграции (при активности или активации разломов) и даже местами аккумуляции УВ (случаи жильных месторождений УВ).

Сегодня общепринятым считается понимание трещины как некоторой поверхности, которая непосредственно связана с нарушением сплошности среды и/или с потерей сцепления блоков горной породы. Эти физические процессы называются разрывом. В процессе разрывов сплошности геологической среды могут возникать геологические структуры двух основных типов: нарушения (разломы), которые характеризуются смещением пород; микротрещины (трещины), которые выделяются по отсутствию смещений при очевидном нарушении сплошности пласта [12]. В горной

среде могут существовать как трещины, так и разломы, которые отличаются друг от друга главным образом по отсутствию/наличию смещений пород. Чаще всего трещинные коллекторы возникают в хрупких низкопористых породах. В тектонически активных регионах размеры т.н. макротрещин чаще всего большие, причем по всем измерениям.

Ловушки в приразломных зонах, как правило, будут иметь преимущественно трещиноватый тип коллектора. В качестве таких структур целесообразно рассматривать интервалы естественных трещин (трещины скола и отрыва) и зоны с повышенными емкостными свойствами, образование которых вызвано увеличением кавернозной или межблоковой пористости. Нередки случаи, когда оба типа этих коллекторов совмещены в пространстве.

Трещиноватость является крайне значимым для оценки нефтегазоносности в хрупких коллекторах, т.к. результаты большого количества исследований говорят о существовании значимых связей между трещиноватостью и флюидонасыщением [13]. В свете вышесказанного установление зон с повышенной трещиноватостью пород разреза вблизи тектонических разломов становится весьма актуальным.

Одним из основных геологических методов оценки трещиноватости являются исследования керна. Геофизические методы исследований скважин позволяют делать прогноз с определённой долей уверенности, а в случае применения САТ (скважинный акустический телевизор) уровень достоверности в принципе достаточно высок. Включение сейсмических методов опознания зон повышенной трещиноватости в комплекс исследований должно существенно снизить неопределённость прогноза в первую очередь за счёт большого дополнительного объёма данных, непрерывно распределённых (и при этом с большой плотностью) в пределах площади изучаемого объекта. Это резко контрастирует с определениями только по дискретным, сравнительно редко и случайно расположенным скважинам.

Особенностью нефтегазоносных объектов в теле КФ является неопределённость размеров и контуров аккумулятивных форм, содержащих УВ, и которые, по-видимому, неправильно называть ловушками – для установления контуров таких объектов также необходимо привлекать различные методы сейсморазведки с изучением опыта работ на уже разрабатываемых месторождениях нефти в КФ, а возможно также в сланцевых массивах.

Миграция. Детальное изучение процессов миграции углеводородов в тесной связи с взаимодействием фаз показало, какие силы обуславливают движение нефти в пустотной среде горных пород [7]. Это сила всплытия (разность плотностей нефти и пластовой воды), гидродинамическая

разгрузка эманаций глубинных процессов и конвективный тепломассоперенос. Все три силы направлены вертикально вверх. А основная сила, препятствующая движению нефти в скопления в пустотном пространстве горных пород – это сила межмолекулярного взаимодействия двух фаз, энергетическое взаимодействие нефти и поверхности пустот породы. Она препятствует движению нефти и в латеральном, и в вертикальном направлениях. Силы энергетического взаимодействия УВ с твёрдой фазой весьма значительны, а с учетом высокой дисперсности пустот, выраженной в показателе удельной поверхности пустотного пространства способствуют сорбции и прочного удерживания значительного количества УВ [7, 14]. Весьма существенное влияние поверхностных явлений на сам процесс миграции нефти в пласте обосновывает невозможность эмиграции так называемой микронепти из глинистых пород и ее аккумуляции в породах-коллекторах. Собственно миграция нефти в пустотном пространстве пород как отдельной жидкой фазы в межинверсионные периоды при наличии в пустотах свободной, несвязанной нефти происходит в основном под действием сил всплытия – за счет разности плотностей пластовых флюидов в режиме молекулярно-диффузионного массопереноса. Вектор направленности сил всплытия и определяет вертикальный характер миграции как преобладающий [7]. Здесь необходимо сказать, что детально, с рассмотрением энергетического взаимодействия флюидов и пород, процесс латерального движения нефти в пластах не исследовался – соответствующих публикаций на эту тему не найдено.

Таким образом, если латеральная миграция нефти как таковая в целом не происходит, невозможна на сколь-нибудь значительные для влияния на процесс образования скоплений УВ расстояния, то значит принципиально невозможно формирование ее скоплений из продуктов переработки рассеянного органического вещества. Следовательно, поступление нефти в ловушки происходит не по латерали из «погруженных нефтесборных», нефтегенерирующих зон, а по зонам тектонического разуплотнения пород, по разломам в земной коре в субвертикальном направлении из глубинных источников или же из разрушающихся более погруженных скоплений.

В 1973 году Н.А. Кудрявцев предложил следующую закономерность, названную в последствии законом Кудрявцева: «Во всех без исключения нефтеносных районах, где нефть или газ имеются в каком-либо горизонте разреза, в том или ином количестве они найдутся и во всех нижележащих горизонтах (хотя бы в виде следов миграции по трещинам). Это положение совершенно не зависит от состава пород, условий образования (могут быть метаморфизованные и кристаллические породы) и содержания в них органического вещества. В горизонтах, где имеются хорошие коллекторы и ловушки, возникают промышленные залежи» [15, с. 140]. Из данного закона вытекает, что под уже открытыми

месторождениями в осадочном чехле высока вероятность наличия УВ в нижележащих горизонтах как в ОЧ, так и в КФ при наличии ловушек – пород-коллекторов и флюидоупоров. И чем выше этажность уже установленной нефтеносности, тем больше вероятность обнаружения скоплений в нижних интервалах разреза. Таким образом, закон Кудрявцева позволяет решать и обратную поисковую задачу: при прогнозировании и поисках нефти в КФ искать как под уже открытыми/разрабатываемыми месторождениями, так и рядом в аналогичных структурно-тектонических условиях.

Важным поисковым инструментом остаются и геохимические исследования, которые необходимо переориентировать с оценки генерационного потенциала, степени катагенеза ОВ пород (зрелости) и рисования «гипотетических» путей латеральной миграции на десятки и даже сотни км [16] на поиск ареалов рассеяния УВ, на поиск геохимических аномалий как поверхностных, так и в разрезе продуктивных/перспективных толщ, на исследование состава эманаций над месторождениями, над разломами; на изучение различий геохимических полей в условиях активных и неактивных разломов, на изучение связи содержания $S_{орг}$ в породах с их нефтеносностью в свете глубинной концепции происхождения нефти. Современные технологии газогеохимической съемки высокоточной аппаратурой позволяют обнаружить глубинный водород и другие глубинные эманации, которые могут быть индикаторами УВ скоплений.

Гидрохимические исследования пластовых вод также могут показывать наличие в водах признаков близости залежей УВ – возможно, дополнив изучением компонентов, характеризующих глубинные индикаторы нефтегазоносности (гелий, литий, рубидий, ванадий и др.). Показателем глубинного происхождения также является гидрохимическая инверсия разреза [17].

Также требуют изучения свойства нефтей в зависимости от характеристик разломов, эманаций пород КФ и вмещающих пород чехла; важно изучить изменение свойств нефтей во времени и выход на время формирования скопления, разрушение скопления и геохимические следы разрушенных скоплений. Предлагается обратить особое внимание на изучение заполнения ловушек УВ в зависимости от разломной тектоники, в том числе от удаленности, глубинности, времени заложения и активности разломов; обратить внимание на изучение вопросов длительности «жизни» залежей, их разрушения, переформирования и перетоков; выполнять геологоразведочные работы для поисков возможных скоплений УВ с привязкой к сети тектонических нарушений.

Заключение. При новых подходах к геологоразведочным работам на нефть и газ, учитывающих возможность и реальность глубинного генезиса углеводородов – нефти и газа, не отрицается структурный фактор и наличие ловушки как необходимый атрибут аккумуляции углеводородов

(наличие некой аккумулятивной формы). В то же время в основу новых подходов к ГРП ставится привязка поисков возможных скоплений к сети тектонических нарушений как путей поступления УВ в породы осадочного чехла и кристаллического фундамента, принятие точки зрения о невозможности сколь-нибудь значимой латеральной миграции нефти.

Ключевые моменты нового подхода к ГРП на основании глубинной концепции происхождения углеводородов следующие:

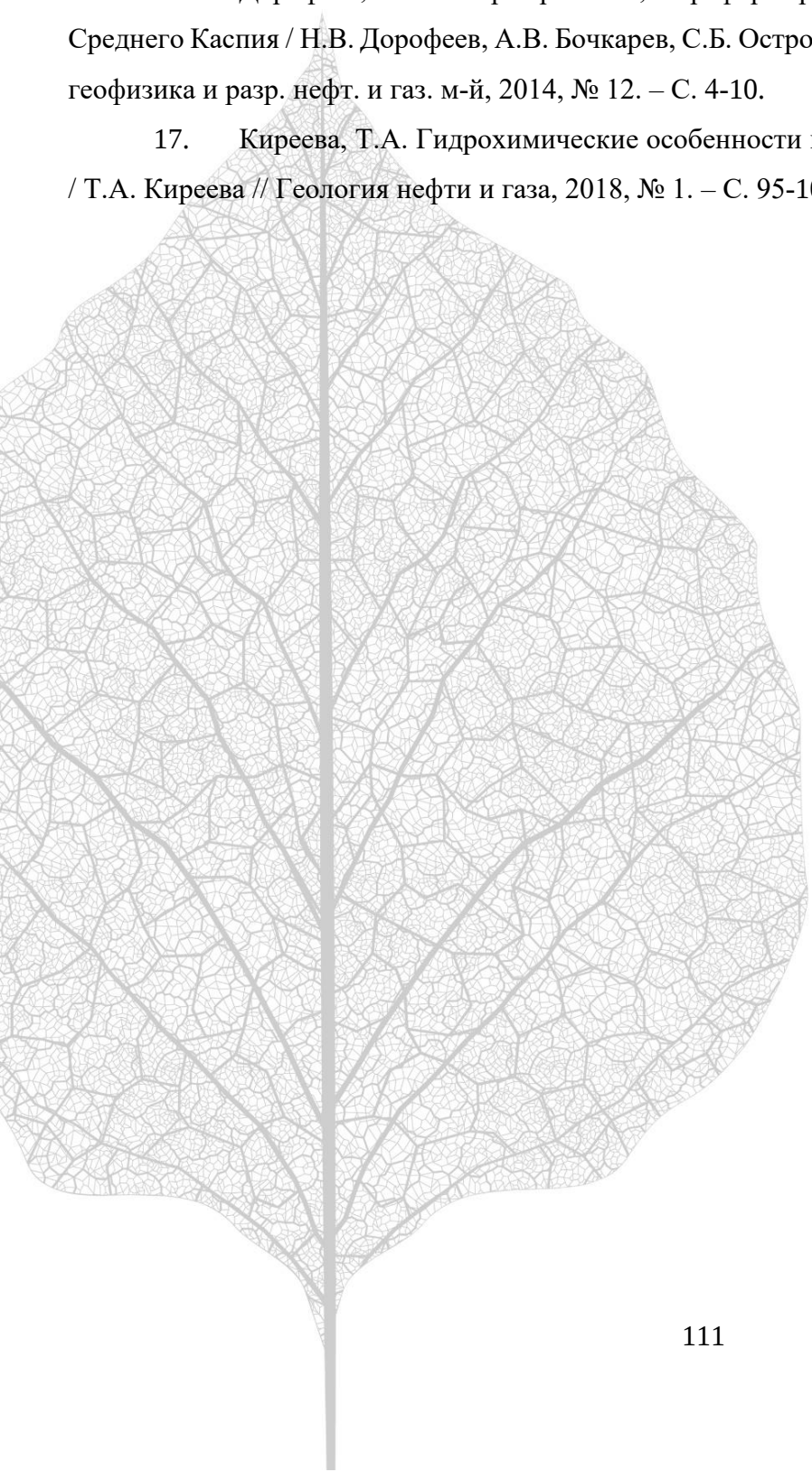
- приуроченность возможных ловушек к основным глубинным разломам и их ответвлениям;
- сейсмические работы направлены как на детальное изучение разломной сети ОЧ и прослеживание в КФ, так и поиск зон разуплотнения и дезинтеграции в теле КФ, исследование коры выветривания;
- процесс ГРП включает всестороннее изучение разломов, их активность, градацию и возможную нефтегазоносность;
- невозможность сколь-нибудь значимой латеральной миграции УВ;
- возможность нефтегазоносности как осадочного чехла, так и кристаллического фундамента, что увеличивает потенциал региона;
- этажность нефтегазонакопления – согласно закону Кудрявцева, под уже открытыми месторождениями в осадочном чехле высока вероятность наличия УВ в нижележащих горизонтах;
- этажность скоплений в осадочном чехле как поисковый критерий для кристаллического фундамента: чем выше этаж нефтегазоносности чехла, тем больше вероятны скопления в нижележащих горизонтах при наличии коллекторов и флюидоупоров для них;
- изучение теплового потока, теплового поля бассейна как показателя глубинных процессов и индикатора активных разломов;
- как поисковый критерий выступает и состав пород КФ – большинство открытых месторождений мира в фундаменте приурочено к кислым породам – гранитам и гранитоидам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вассоевич, Н.Б. Теория осадочно-миграционного происхождения нефти (исторический обзор и современное состояние) / Н.Б. Вассоевич // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1967. – № 11. – С.135-156.

2. Шарапов, И.П. Метагеология: некоторые проблемы / И.П. Шарапов. М.: Наука, 1989. – 208 с.
3. Исаев, Г.Д. О концепциях нефтегазообразования / Г.Д. Исаев // Вестник ТомГУ. – 2009, №. 323. – С. 374-378.
4. Прищепа, О.М. Достоверность оценок перспективных ресурсов углеводородного сырья на подготовленных к бурению объектах / О.М. Прищепа, А.А. Отмас, А.В. Куранов // Минеральные ресурсы России. 2011. № 1. – С. 21-26.
5. Галкин, С.В. Методология учета геологических рисков на этапе поисков и разведки нефтяных месторождений / С.В. Галкин // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2012, № 4. С. 23-32.
6. Критерии нефтегазоносности осадочного бассейна /А.В. Ступакова, А.А. Поляков, Н.А. Малышев и др. // Георесурсы 2023, Т. 25, №2. – С. 5-21.
7. Захария, И.Р. Миграция нефти в пустотном пространстве горных пород: латеральная или восходящая? / И. Р. Захария // Литосфера, 2022, №2(57). – С. 76-87.
8. Кусов, Б.Р. Генезис некоторых углеродсодержащих полезных ископаемых (от метана до алмаза): Монография. Владикавказ: ИПО СОИГСИ, 2010. 164 с.
9. Геология и нефтегазоносность запада Восточно-Европейской платформы: К 70-летию БелНИГРИ / З.Л. Познякевич, А.М. Синичка, Ф.С. Азаренко и др. Мн.: Беларуская навука. 1997. 696 с.
10. Залежи углеводородов неантиклинального типа Припятско-Донецкого авлакогена / И.М. Шахновский, В.И. Довганюк и др. – М.: Наука, 1986. – 79 с.
11. Бескопильный, В.Н. Тектоническое районирование как основа прогноза остаточных перспектив нефтегазоносности Припятского прогиба / В.Н. Бескопильный, Р.Е. Айзберг, Я.Г. Грибик // Потенциал добычи горючих ископаемых в Беларуси и прогноз его реализации в первой половине XXI века. Гомель: РУП «ПО «Белоруснефть», 2012. – С. 9-54.
12. Голф-Рахт, Т.Д. Основы нефтепромысловой геологии и разработки трещиноватых коллекторов / Пер. с англ. Н. А. Бардиной, П. К. Голованова, В. В. Власенко, В. В. Покровского; под ред. А. Г. Ковалева. – М.: Недра, 1986. – 607 с.
13. Кузнецов, О.Л. Сейсмические исследования неравномерности открытой трещиноватости и неоднородности флюидонасыщения геологической среды для оптимального освоения месторождений нефти и газа / О.Л. Кузнецов, И.А. Чиркин, С.И. Арутюнов и др. // Георесурсы 2018, №3. – С. 206-2016.

14. Захария, И.Р. Поверхностные явления на границе раздела фаз и нефтеотдача / И.Р. Захария, А.А. Цагельник // Поиски и освоение нефтяных ресурсов Республики Беларусь: Сборник науч. трудов БелНИПИнефть, вып. 9. Минск: Экоперспектива, 2017. – С. 50-58.
15. Кудрявцев, Н.А. Генезис нефти и газа / Н.А.Кудрявцев. Л., Недра, 1973. – 216 с.
16. Дорофеев, Н.В. Формирование, переформирование и деградация нефтяных залежей Среднего Каспия / Н.В. Дорофеев, А.В. Бочкарев, С.Б. Остроухов, В.А. Бочкарев, А.А. Калугин // Геол., геофизика и разр. нефт. и газ. м-й, 2014, № 12. – С. 4-10.
17. Киреева, Т.А. Гидрохимические особенности вод фундамента в связи с нефтеносностью / Т.А. Киреева // Геология нефти и газа, 2018, № 1. – С. 95-108.



РАЗДЕЛ V. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ЧУПРОВА ЮЛИЯ НИКОЛАЕВНА,

заместитель начальника отдела научно-методического обеспечения деятельности Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации по переходу к экономике замкнутого цикла
Московского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Уральский государственный научно-исследовательский институт региональных экологических проблем» (ФГБУ «УралНИИ «Экология»)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ И РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ И ПРОГРАММ СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В период с 2021 по 2023 годы на уровне Союзного государства реализовывалось 28 программ по разным направлениям [1]. Некоторые из заявленных программ, указанных на рисунке 1, были нацелены на гармонизацию и унификацию законодательства Российской Федерации и Республики Беларусь в разных сферах для укрепления сотрудничества России и Беларуси.

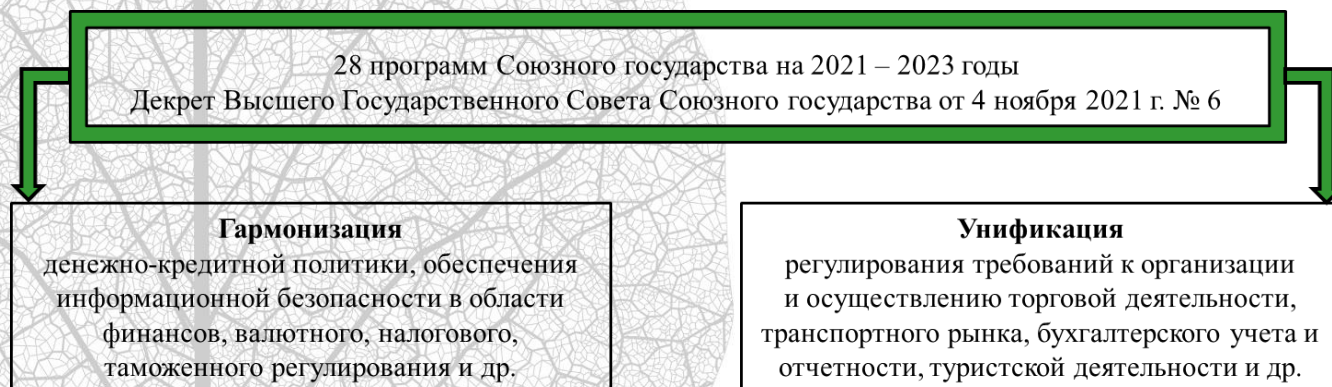


Рисунок 1. Направления гармонизации и унификации законодательства на уровне Союзного государства

В 2023 году сотрудниками ФГБУ УралНИИ «Экология» подготовлена научная работа по теме «Исследование потенциала гармонизации законодательства Российской Федерации и Республики Беларусь в области обращения с отходами» (далее — НИР). При выполнении НИР были проведены стажировки научных сотрудников на площадках ФГБУ УралНИИ «Экология» и РУП «Бел НИЦ

«Экология» в целях обмена опытом разработки и применения законодательства в сфере обращения с отходами.

По итогу проделанной работы с учетом позиции сотрудников РУП «Бел НИЦ «Экология» сформированы тематики, указанные на рисунке 2, которые целесообразно включить в проект Союзного государства на 2025-2027 годы для формирования перспектив научно-исследовательского сотрудничества и решения актуальных задач по обеспечению экологической безопасности.

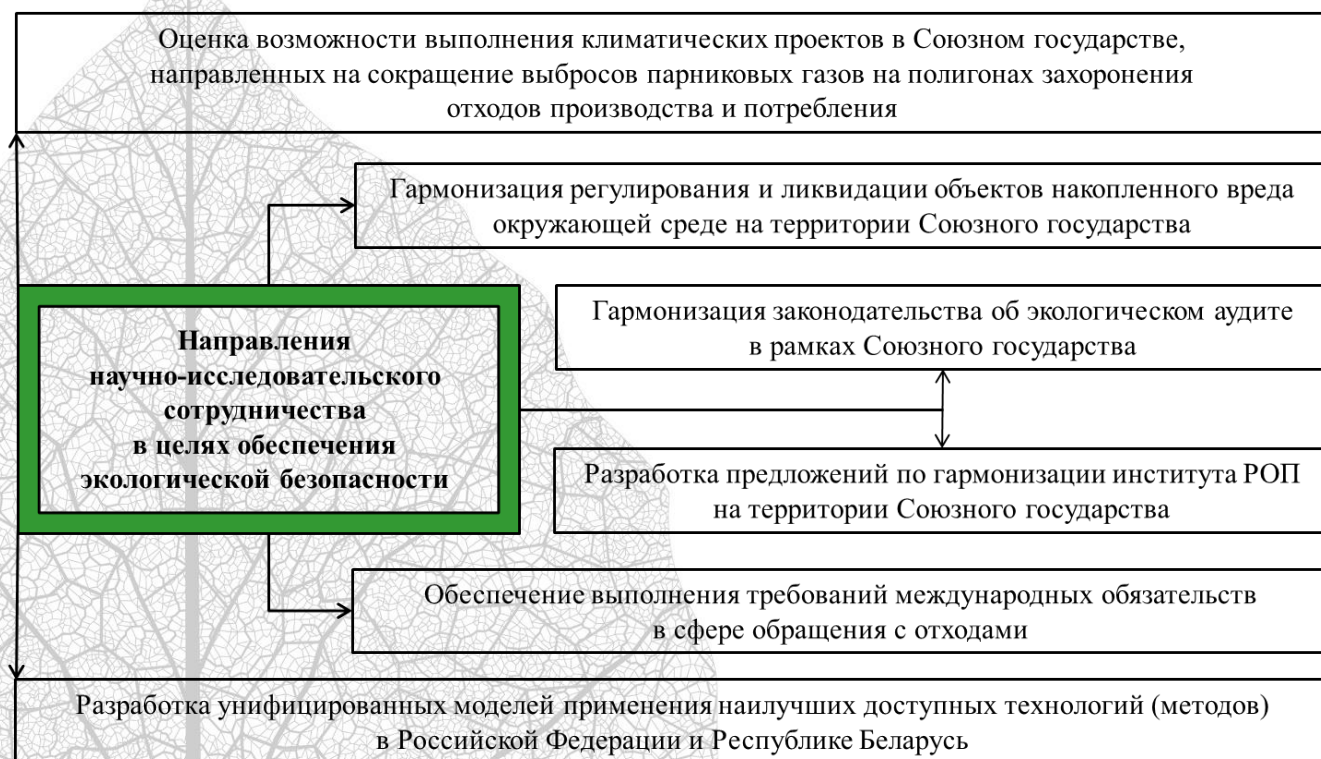


Рисунок 2. Перспективные направления научно-исследовательского в сфере обеспечения экологической безопасности

На сегодняшний день ФГБУ УралНИИ «Экология» совместно с РУП «Бел НИЦ «Экология» на основании Порядка разработки и реализации проектов Союзного государства [2] работают над содержанием проекта, включая описание целей, задач запланированных мероприятий.

Особо важно остановиться сегодня на двух важных и актуальных, как для России, так и для Беларуси, темах, которые на данном этапе необходимо отработать на уровне научно-исследовательского сотрудничества. Во-первых, актуальной считаем тему ликвидации объектов накопленного вреда, во-вторых, проблему регулирования экологического аудита (далее — экоаудит).

В 2016 году Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [3] был дополнен понятием «объекты накопленного вреда окружающей среде» (далее — ОНВОС, НВОС) [4], которые включали и объекты размещения отходов, являющиеся источником НВОС.

На сегодняшний день в Российской Федерации реализуется Федеральный проект «Чистая страна» (далее — ФП) реализуется в рамках Государственной программы «Охрана окружающей среды» [5] и национального проекта «Экология», показатели которой отражены на рисунке 3 [6]. В рамках первого направления ведется работа по ликвидации несанкционированных свалок, в рамках второго направления осуществляется ликвидация наиболее опасных ОНВОС.



Рисунок 3. Результаты реализации Федерального проекта «Чистая страна»

Кроме того, с начала реализации ФП сформирована система подзаконных нормативных правовых актов [7-11], представленная в таблице № 1, которая, безусловно, будет дорабатываться в процессе правоприменения, однако и на уровне ее актуального состояния считаем возможным поделиться опытом законодательного и практического регулирования вопросов ликвидации ОНВОС.

Не менее важной и актуальной проблематикой является вопрос регулирования экоаудита, нами проведен сравнительный анализ правовых актов Российской Федерации и Республики Беларусь, регулирующих рассматриваемый институт [12]. Промежуточные итоги сравнительного исследования предлагаем принять за стартовую точку для совместной работы.

Таблица № 1. Система подзаконных актов, регулирующих вопросы ликвидации ОНВОС

Реквизиты	Наименование подзаконного акта
13 апреля 2017 г. № 445	<i>«Об утверждении Правил ведения государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде»</i>
4 мая 2018 г. № 542	<i>«Об утверждении Правил организации работ по ликвидации накопленного вреда окружающей среде»</i>
2 июня 2023 г. № 909	<i>«Об утверждении Положения о составе плана мероприятий по предотвращению и ликвидации загрязнения окружающей среды в результате эксплуатации отдельного производственного объекта и требованиях к содержанию такого плана»</i>
16 ноября 2023 г. № 1925	<i>«Об утверждении Правил проведения проверки сметной стоимости реализации мероприятий, предусмотренных планом мероприятий по предотвращению и ликвидации загрязнения окружающей среды в результате эксплуатации отдельного производственного объекта, выдачи заключения об обоснованности или о необоснованности определения сметной стоимости реализации указанных мероприятий, а также определения размера платы за проведение проверки указанной сметной стоимости»</i>
23 ноября 2023 г. № 1967	<i>«Об утверждении Правил обследования и оценки объектов накопленного вреда окружающей среде»</i>

В Национальном плане действий по развитию «зеленой» экономики в Республике Беларусь на 2021-2025 годы (далее — НацПлан-2021/2025) [13] отмечено, что институт экодита прошел путь комплексного нормативно-правового развития и регулируется на основе Закона Республики Беларусь от 26 ноября 1992 г. № 1982-ХІІ «Об охране окружающей среды» [14], а также постановления Совета Министров Республики Беларусь от 26 мая 2016 г. № 412 «Об утверждении Положения о порядке проведения экологического аудита [15]. На современном этапе экодита служит достижению двух основных целей:

1. обеспечение экологической безопасности;
2. определение путей и способов уменьшения риска вредного воздействия на окружающую среду хозяйственной и иной деятельности.

Кроме того, белорусский опыт применения экодита на площадках промышленных предприятий позволяет вырабатывать рекомендации по предотвращению или снижению негативного воздействия субъекта хозяйствования на окружающую среду.

В Российской Федерации при реализации Стратегии экологической безопасности на период до 2025 года [116] только запланировано выполнение задачи по формированию системы экодита с целью сохранения качества окружающей среды в условиях возрастающей экономической активности.

С 2013 по 2020 годы Минприроды России предпринимались попытки разработки проектов по внедрению модели законодательного регулирования экодита, которые представлены в таблице 2, однако специального акта так и не принято, что указывает на наличие правового пробела в регулировании важного инструмента, нацеленного на обеспечение экологической безопасности.

Таблица 2. Проекты НПА об экологическом аудите, разработанные в период с 2013 по 2020 годы

Год	Наименование проекта НПА	Обоснование необходимости подготовки проекта НПА
2013	«Об экологическом аудите, экологической аудиторской деятельности и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»	Экологическая доктрина Российской Федерации, одобренной распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 августа 2002 г. № 1225-р
2015	«Об экологическом аудите и экологической аудиторской деятельности»	Государственная программа Российской Федерации «Охрана окружающей среды» на 2012 - 2020 годы, утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 326
2019	«Об экологическом аудите и экологической аудиторской деятельности»	Указ Президента Российской Федерации от 19 апреля 2017 г. № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года»
2020	«Об экологическом аудите и экологической аудиторской деятельности»	План законопроектной деятельности Правительства Российской Федерации на 2020 год, утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2019 г. № 3205-р

С учетом изложенного предлагаем провести совместную научно-исследовательскую работу по отмеченной проблематике в целях устранения правового пробела в российском законодательстве и дальнейшей гармонизации законодательства.

Подводя итоги, по аналогии с проблемами накопленного вреда и экоаудита, считаем важным проработать и другие тематики, заявленные для включения в проект Союзного государства на 2025-2027 годы для формирования перспектив научно-исследовательского сотрудничества, а также полагаем, что взаимный обмен опытом — эффективный инструмент сотрудничества в целях развития области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

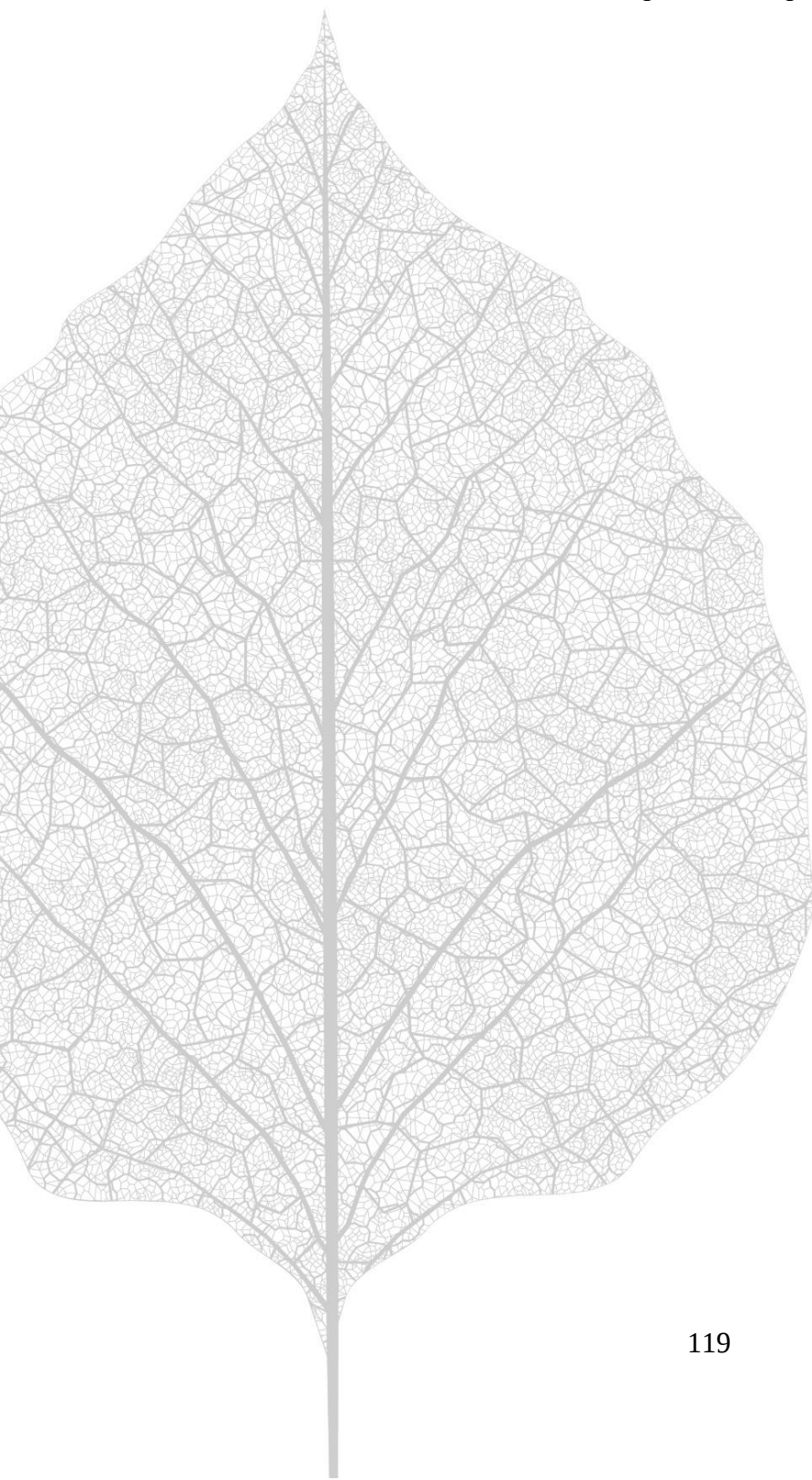
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Декрет Высшего Государственного Совета Союзного государства от 4 ноября 2021 г. № 6 «Об основных направлениях реализации положений Договора о создании Союзного государства на 2021 – 2023 годы». – Режим доступа: Информационно-поисковая система (ИПС) «ЭТАЛОН-ONLINE».
2. Порядок разработки и реализации программ Союзного государства, утвержденный постановлением Совета Министров Союзного государства от 11 октября 2000 г. № 7 (в ред. постановления Совета Министров Союзного государства от 14 сентября 2022 г. 19) // Официальный портал Министерства экономики Республики Беларусь: [сайт]. – URL: <https://economy.gov.by/ru/poradokrazrabotki-ru/> (дата обращения: 20 января 2024 г.).
3. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». – Режим доступа: справочно-правовая система «КонсультантПлюс».
4. Федеральный закон от 3 июля 2016 г. № 254-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». – Режим доступа: справочно-правовая система «КонсультантПлюс».
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 326 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды». – Режим доступа: справочно-правовая система «КонсультантПлюс».
6. Федеральный проект «Чистая страна» // Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации: [сайт]. – URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/np_ecology/fp-chistaya-strana/ (дата обращения: 20 января 2024 г.).

7. Постановление Правительства Российской Федерации от 13 апреля 2017 г. № 445 «Об утверждении Правил ведения государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде». – Режим доступа: справочно-правовая система «КонсультантПлюс».
8. Постановление Правительства Российской Федерации от 4 мая 2018 г. № 542 «Об утверждении Правил организации работ по ликвидации накопленного вреда окружающей среде». – Режим доступа: справочно-правовая система «КонсультантПлюс».
9. Постановление Правительства Российской Федерации от 2 июня 2023 г. № 909 «Об утверждении Положения о составе плана мероприятий по предотвращению и ликвидации загрязнения окружающей среды в результате эксплуатации отдельного производственного объекта и требованиях к содержанию такого плана». – Режим доступа: справочно-правовая система «КонсультантПлюс».
10. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 ноября 2023 г. № 1925 (вступает в силу с 1 сентября 2024 г.) «Об утверждении Правил проведения проверки сметной стоимости реализации мероприятий, предусмотренных планом мероприятий по предотвращению и ликвидации загрязнения окружающей среды в результате эксплуатации отдельного производственного объекта, выдачи заключения об обоснованности или о необоснованности определения сметной стоимости реализации указанных мероприятий, а также определения размера платы за проведение проверки указанной сметной стоимости». – Режим доступа: справочно-правовая система «КонсультантПлюс».
11. Постановление Правительства Российской Федерации от 23 ноября 2023 г. № 1967 «Об утверждении Правил обследования и оценки объектов накопленного вреда окружающей среде». – Режим доступа: справочно-правовая система «КонсультантПлюс».
12. Инструменты экологического аудита, применяемые в Российской Федерации и Республике Беларусь: перспективы трансформации / Б. В. Французов, Ю. Н. Чупрова, Ю. В. Бондаренко [и др.] // Муниципальная академия. – 2023. – № 4. – С. 128-135.
13. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 10 декабря 2021 г. № 710 «О Национальном плане действий по развитию "зеленой" экономики в Республике Беларусь на 2021-2025 годы». – Режим доступа: справочно-правовая система «КонсультантПлюс».
14. Закон Республики Беларусь от 26 ноября 1992 г. № 1982-XII «Об охране окружающей среды» // СПС КонсультантПлюс: Республика Беларусь.

15. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 26 мая 2016 г. № 412 «Об утверждении Положения о порядке проведения экологического аудита» // СПС КонсультантПлюс: Республика Беларусь.

16. Указ Президента Российской Федерации от 19 апреля 2017 г. № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» // СПС КонсультантПлюс.



УДК (658.567.+502.174)(083.41)(476)

БОТЯН ЕКАТЕРИНА АЛЕКСЕЕВНА,
заведующий отделом обращения с отходами
Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие
«Бел НИЦ «Экология», Минск, Беларусь

ТРАНСГРАНИЧНАЯ ПЕРЕВОЗКА ОПАСНЫХ ОТХОДОВ В РАМКАХ БАЗЕЛЬСКОЙ КОНВЕНЦИИ

Аннотация В настоящей статье использованы данные, полученные авторами при подготовке национального доклада по выполнению Республикой Беларусь требований Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением за 2022 год.

Ключевые слова: опасные отходы, Базельская конвенция, экспорт, импорт, трансграничная перевозка, экологически безопасное удаление, стратегия, экологически обоснованное использование

Базельская конвенция является глобальным правовым документом, разработанным Программой ООН по охране окружающей среды в сотрудничестве с международным сообществом. Ее целями является регулирование международной торговли в сфере опасных и других отходов, минимизация их образования и трансграничного перемещения и обеспечение их экологически безопасного удаления. Для обеспечения экологически безопасного удаления опасных и других отходов Конвенция устанавливает, что удаление должно осуществляться как можно ближе к источнику образования отходов, т. е. трансграничное перемещение должно быть сведено к минимуму.

Республика Беларусь присоединилась к Базельской конвенции 16 сентября 1999 г.

Определенные требования к составу Национального доклада предусмотрены в формате национальной отчетности для сторон Базельской конвенции и включают данные об отходах, трансграничное перемещение которых контролируется; ограничения на трансграничное перемещение отходов и процедуры государственного контроля; меры, направленные на сокращение объемов образования отходов, а также меры по снижению их трансграничного перемещения; оценку воздействия отходов на окружающую среду и здоровье людей; двусторонние, многосторонние или региональные соглашения, заключенные в соответствии со ст.11 Базельской Конвенции; национальные

объекты по переработке и удалению отходов; данные об объемах экспортируемых и импортируемых отходов; сведения о развитии национального законодательства по экологически обоснованному обращению с опасными отходами.

В настоящей статье использованы данные, полученные авторами при подготовке национального доклада по выполнению Республикой Беларусь требований Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением за 2019 год.

Республика Беларусь, как сторона Базельской конвенции, контролирует экспорт, импорт и транзит через территорию Республики Беларусь опасных и других отходов, подлежащих регулированию в рамках Конвенции и в соответствии с национальным законодательством.

Экспорт и импорт опасных отходов осуществляется на основании предварительно полученного разрешения (лицензии) на ввоз или вывоз отходов, ограниченных к перемещению через таможенную границу Республики Беларусь по основаниям неэкономического характера. Разрешения выдает Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, а лицензии - Министерство торговли и антимонопольного развития Республики Беларусь.

Стороны Базельской конвенции руководствуются Единым перечнем товаров, согласно которому определены:

опасные отходы, ввоз которых на таможенную территорию Таможенного союза запрещен (раздел 1.2 Единого перечня товаров);

опасные отходы, ограниченные к перемещению через таможенную границу Таможенного союза при ввозе и/или вывозе (раздел 2.3 Единого перечня товаров).

Авторами собрана и проанализирована информация о количестве экспортированных и импортированных в 2022 г. опасных отходов, в отношении которых Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь были выданы разрешения на их трансграничное перемещение, а Министерством торговли и антимонопольного развития Республики Беларусь – лицензии; с учетом места их назначения и происхождения и способов удаления (рекуперации).

Собранная информация в обобщенном виде представлена в таблицах 1 и 2 настоящей статьи и содержит сведения об объемах экспортированных и импортированных в 2022 году опасных и других отходов с указанием операций по удалению, которые не ведут к возможной рекуперации, рециркуляции, утилизации, прямому повторному или альтернативному использованию (раздел А

приложения 1У к Конвенции), а также операций, которые могут привести к рекуперации, рециркуляции, утилизации, прямому повторному или альтернативному использованию (раздел В приложения 1У к Конвенции).

Наименование видов отходов, представленных в таблицах 1 и 2, соответствует классификации товаров в товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности Евразийского экономического союза (ТН ВЭД ЕАЭС).

Таблица 1 – Операции по конечному удалению или рекуперации экспортированных опасных и других отходов

Наименование отхода (код товара по ТН ВЭД ЕАЭС)	Экспортируемые объемы, тонн	Страна происхождения	Операции по конечному удалению или рекуперации
Шлак, дресс (кроме гранулированного шлака), окалина и прочие отходы производства черных металлов отходы, пригодные для извлечения из них железа или марганца. (2619002000)	200	LV	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Шлак, дресс (кроме гранулированного шлака), окалина и прочие отходы производства черных металлов: прочие. (2619009000)	117000	RU	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Шлак, зола и остатки (кроме образующихся в производстве черных металлов), содержащие металлы, мышьяк или их соединения, катализатор отработанный (2620100000)	6000	LV	R8 рекуперация компонентов катализаторов
Шлак, зола и остатки (кроме остатков производства черных металлов), содержащие в основном гартцинк. (2620110000)	545	LV	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Прочие шлак, зола и остатки (кроме остатков производства черных металлов), содержащие соединения цинка (2620190000)	975,61	LV	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений

Наименование отхода (код товара по ТН ВЭД ЕАЭС)	Экспортируемые объемы, тонн	Страна происхождения	Операции по конечному удалению или рекуперации
Шлак, зола и остатки (кроме образующихся в производстве черных металлов), содержащие металлы, мышьяк или их соединения: содержащие в основном медь. (2620300000)	770,88	LV	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
	22,034	DE	
Шлак, зола и остатки (кроме образующихся в производстве черных металлов), содержащие металлы, мышьяк или их соединения: содержащие в основном алюминий (2620400000)	8000	RU	R8 рекуперация компонентов катализаторов
Шлак, зола и остатки (кроме образующихся в производстве черных металлов), содержащие металлы, мышьяк или их соединения: содержащие в основном алюминий (2620400000)	5500	RU	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Серная кислота; олеум (2807000000)	2500	RU	R6 восстановление кислот и оснований
Фосфаты кальция природные, фосфаты алюминиево-кальциевые природные и мел фосфатный (3825610000)	750	DE	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Остаточные продукты химической или смежных отраслей промышленности, в другом месте не поименованные или не включенные; отходы городского хозяйства; шлам сточных вод; отходы прочие (3825909000)	450	CH	R13 аккумулирование материала для последующего удаления
	450,00	FR	
	900,00	SK	
Шины и покрышки пневматические, бывшие в употреблении, прочие (4012200009)	2010	GE	R3 рециркуляция/утилизация органических веществ, неиспользуемых в

Наименование отхода (код товара по ТН ВЭД ЕАЭС)	Экспортированные объемы, тонн	Страна происхождения	Операции по конечному удалению или рекуперации
			виде растворителей

Среднее увеличение по республике сформировалось также с учетом экспорта в 2022 г. отходов, которые имеют увеличение объема экспорта по сравнению с 2021 г. Это отходы шлака, дресса (кроме гранулированного шлака), отходов пригодных для извлечения из них железа или марганца (увеличение экспорта с 700,0 т в 2021 г. до 2000,0 т в 2022 г), отходов шлаков, дресса (кроме гранулированного шлака), прочих отходов производства черных металлов ОАО «БМЗ-управляющая компания холдинга «БМК» (увеличение экспорта с 87518,0 т в 2021 г. до 117000,0 т в 2022 г), остаточных продуктов химической или смежных отраслей промышленности, в другом месте не поименованных или не включенных; отходов городского хозяйства; шламов сточных вод; отходов прочих (увеличение экспорта с 25,0 т в 2021 г. до 900,0 т в 2022 г) КУП «Комплекс по переработке и хранению токсичных отходов».

Установлено что за пределы республики в 2022 году вывезены свыше 145,173 тыс. т. опасных отходов. Больше всего экспортировано шлак, дресс (кроме гранулированного шлака), окалина и прочие отходы производства черных металлов: прочие ОАО «БМЗ-управляющая компания холдинга «БМК» (117,00 тыс. т или 80,59 % от общего объема экспортированных отходов) для использования в качестве сырья (код R4 – рециркуляция/утилизация металлов и их соединений).

Всего на рециркуляцию/утилизацию металлов и их соединений (код R4) в 2022 году отправлено 131,764 тыс. т опасных отходов (90,76 % от объема экспортированных отходов), 2,01 тыс. т (1,38 %) вывезены за пределы республики для рециркуляции/утилизации органических веществ, неиспользуемых в виде растворителей (код R3) (скрап, отходы корда, шины).

Сведения об объемах импортированных в 2022 году опасных и других отходов по номенклатуре в соответствии с ТН ВЭД ЕАЭС, с указанием операций по удалению, которые не ведут к возможной рекуперации, рециркуляции, утилизации, прямому повторному или альтернативному использованию, а также операций, которые могут привести к рекуперации, рециркуляции, утилизации, прямому повторному или альтернативному использованию.

Таблица 2 – операции по конечному удалению или рекуперации импортированных опасных и других отходов

Наименование отхода (код товара по ТН ВЭД ЕАЭС)	Импортированные объемы, тонн	Страна происхождения	Операции по конечному удалению или рекуперации
Шлак гранулированный (шлаковый песок), получаемый в процессе производства черных металлов (2618000000)	438 880,00	RU	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
	93634,58	UA	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
	5 000,00	LV	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
	20 000,00	LT	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Шлак, дросс (кроме гранулированного шлака), отходы, пригодные для извлечения из них железа или марганца (2619002000)	4 260,00	LT	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Прочие шлаки и зола, включая золу из морских водорослей (келп) (2621900000)	21 000,00	RU	R4 рециркуляция/утилизация металлов и их соединений
Отходы, обрезки и скрап резины (кроме твердой резины), порошки и гранулы, полученные из них. (4004000000)	500	NL	R3 рециркуляция/утилизация органических веществ, неиспользуемых в виде растворителей
Шины и покрышки пневматические, бывшие в употреблении, прочие (4012200009)	528	TGS	R3 рециркуляция/утилизация органических веществ, неиспользуемых в виде растворителей
	395,2	NL	
	61,1	EE	
	120	DE	

Следует отметить, что в целом по республике наблюдается увеличение импорта опасных и других отходов (с 365,326 тыс. т в 2021 г. до 584,379 тыс. т в 2022 г.).

Имеет место увеличение импорта по шлакам, гранулированным с 247,2 тыс. т в 2021 г. до 557,51 тыс. т в 2022 г.

Отмечено снижение импорта золошлаковой смеси по с 65,00 тыс. т в 2021 г. до 25,00 тыс. т в 2022.

Увеличение импорта произошло, в основном это шлаки гранулированные (шлаковый песок), золошлаковая смесь, шлак и окалина, получаемые в процессе производства черных металлов, из Российской Федерации (438,88 тыс. т или 75,10 % от общего количества импортированных отходов). Эти отходы идут на рециркуляцию/утилизацию металлов и их соединений (R4). Оставшиеся 0,27 тыс. тонн представлены отходами корда, скрапа резины и шин и покрышек пневматических, бывших в употреблении, и используются для сжигания в цементных печах (R3 – рециркуляция/утилизация органических веществ, неиспользуемых в виде растворителей). Это обусловлено увеличением потребления этих отходов цементными предприятиями республики.

В Республике Беларусь отходов в 2022 г. в стране образовалось 4255,28 тыс. т. опасных отходов.

Если рассматривать объем образования опасных отходов, то в 2022 г. 93,87 % или 3994,3 тыс. т. приходится на отходы, собираемые с жилищ, относящиеся к категории У46.

Без учета отходов относящихся к категории У46 в 2022 г., наибольший удельный вес в общем объеме образования опасных отходов (22,11 % или 57,70 тыс. т) отходы производства, получения и применения органических растворителей У6; далее идут ненужные минеральные масла, не пригодные для первоначально запланированного применения относящиеся к категории У8 по классификации Базельской конвенции (16,76% или 43,73 тыс. т); медицинские отходы, полученные в результате врачебного ухода за пациентами в больницах, поликлиниках и клиниках (15,26 % или 39,82 тыс.т) – У1; отходы производства, получения и применения синтетических смол, латекса, пластификаторов, клеев/связывающих материалов (11,60 % или 30,28 тыс.т) – У13; неорганические соединения фтора, за исключением фтористого кальция (7,84% или 20,45 тыс.т), относящиеся к категории У32; отходы производства, получения и применения.

Заключение. Республика Беларусь предпринимает усилия по минимизации образования опасных и других отходов, что служит показателем продвижения секторов экономики к менее материалоемким структурам производства и потребления.

Предпринимаются меры по снижению вредного воздействия отходов на здоровье людей и окружающую среду.

В целом по республике в импорт и экспорт опасных отходов за последние 5 лет увеличились почти в два раза.

Тенденция изменения экспорта и импорта опасных отходов в сторону увеличения, показывает, что республика положительно реагирует на необходимость минимизации опасных отходов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Закон Республики Беларусь от 20 июля 2007 г. № 271-3 (в ред. от 10.05.2019) «Об обращении с отходами».
2. Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 16 августа 2012 г. №134 (ред. от 09.11.2021) «О нормативных правовых актах в области нетарифного регулирования» (вместе с Положениями о применении ограничений)
3. Постановление Национального статистического комитета Республики Беларусь от 30 сентября 2022 г. № 90.
4. Национальный доклад по выполнению Базельской конвенции за 2022 год.

УДК 339.9

КУЛЕВСКАЯ НАТАЛИЯ АНАТОЛЬЕВНА,

младший научный сотрудник,

Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология»,
Минск, Беларусь,

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ОБЗОР МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБРАЩЕНИЮ С НИМИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Настоящее исследование проведено на основе данных государственной статистической отчетности, базовых нормативных правовых актов в области обращения с отходами в Республики Беларусь, научно-исследовательских материалов с целью определения направлений регулирования и совершенствования сферы обращения с полимерными отходами в стране.

Ключевые слова: отходы; полимеры; сотрудничество; производство; микропластик; воздействие; совершенствование.

Введение. С середины XX века наблюдается стремительный рост производства полимеров и материалов на его основе, связанный с постоянно увеличивающимся спросом на промышленные товары и упаковку для хранения и защиты продуктов питания, повышением численности населения и улучшением уровня жизни человечества, что увеличивает потребности в производстве и использовании полимеров и полимерных изделий.

Основная часть. Всеобъемлющая востребованность пластика связана с дешевизной, относительной простотой производства и широким эксплуатационным характеристикам данного материала. Пластик встречается повсеместно, он используется для изготовления изделий хозяйственного назначения, упаковки, спортивных товаров, автомобильных и электронных частей, в строительстве, для изготовления соединительных полимерных материалов, лаков и красок, отделочных, тепло- и гидроизоляционных материалов, в инженерных коммуникациях, в нефтегазовой промышленности, медицине, пищевой промышленности, сельском хозяйстве.

Однако все чаще и чаще в мировой повестке освещаются проблемы, связанные с постоянно увеличивающимися объемами производства и использования пластика и изделий из него. С чем это

связано? Исследователи выделяют следующие основные вопросы, связанные с негативным воздействием полимеров и материалов, используемых для их производства:

- 1) выделение микропластика из полимерных изделий и его попадание в организмы живых существ;
- 2) увеличение потребления ископаемых невозобновляемых ресурсов (углеводородов) для производства полимеров;
- 3) распространение пластика и его скопление в Мировом океане, приводящее к общему засорению морских вод и прибрежных зон, а также формированию пластиковых островов в океанах;
- 4) долгий срок разложения пластика при кратком сроке использования и широком распространении предметов, произведенных с использованием полимеров, что приводит к увеличению площади полигонов для захоронения отходов и засорению окружающей среды;
- 5) выделение токсичных веществ в атмосферу при разложении и сжигании полимеров.

Ну и конечно же, самая большая проблема пластика заключается в том, что основная масса поставляемых на рынок полимерных изделий – одноразовые, а среднее время их разложения составляет от 100 до 700 лет. При этом процент использования таких отходов в мире не превышает 15 % от объема их образования. При недостаточной инфраструктуре по обращению с отходами пластика происходит его накопление в окружающей среде. Соответственно проблема такого мусора и его воздействия на окружающую среду является крайне масштабной и актуальной на сегодняшний день.

Согласно данным государственной статистической отчетности объем образования полимерных отходов в стране ежегодно растет и в 2022 г. составил 168,88 тыс. т (2021 г. – 149,99 тыс. т) отходов пластмасс, на конец года в стране накоплено 15,11 тыс. т отходов пластмасс.

Исследование морфологического состава коммунальных отходов, проводимое сотрудниками РУП «Бел НИЦ «Экология», показали, что полимерные отходы в большом количестве содержатся как в смешанных твердых коммунальных отходах, так и во вторичных материальных ресурсах и представлены в прежде всего ПЭТ-тарой различного номинального объема.

Несмотря на то, что вопрос пластикового загрязнения очень широко освещается в мировых средствах массовой информации и существует осознание необходимости принятия мер для решения этой проблемы и минимизации последствий, темпы выработки решений и их реализации недостаточны. Причиной этому может служить то, что отказ от полимерных изделий осуществить очень сложно, поскольку подобный шаг окажет негативное влияние на экономику многих стран за счет снижения прибыльности отдельных отраслей промышленности и соответственно сокращения рабочих

мест. Также важную роль играет отсутствие альтернатив некоторым видам полимерной продукции, от которых отказаться практически невозможно.

Однако принимать решения нужно достаточно оперативно. В ближайшие десять лет прогнозируется рост производства и потребления полимерных материалов в мире, а, значит, нагрузка на окружающую среду еще больше увеличится.

В рамках освещаемого в настоящей статье вопроса стоит упомянуть, что РУП «Бел НИЦ «Экология» совместно с Всероссийской академией внешней торговли Министерства экономического развития Российской Федерации проведено аналитическое исследование негативного воздействия отходов полимерных изделий одноразового использования на окружающую среду и здоровье людей, состояния химической и нефтехимической промышленности в государствах-членах ЕАЭС и структуры производства отдельных видов полимерных изделий одноразового использования, оценка целесообразности применения альтернативных материалов для производства упаковки (например, бумаги и картона, дерева, стекла, металла, текстиля). Работа направлена на выработку единых требований к полимерным изделиям для ограничения применения сложноперерабатываемых полимерных материалов, предложений по синхронизации поэтапного запрета на ввоз и производство отдельных видов полимерных изделий одноразового использования в ЕАЭС с другими целями устойчивого развития, а также формирование и обоснование изменений в нормативно-правовом регулировании с учетом необходимости ограничить ввоз и производство отдельных видов полимерных изделий одноразового использования в ЕАЭС и отказаться от упаковки на их основе.

Политика Республики Беларусь в области обращения с отходами, в том числе полимерными, нацелена на стимулирование их использования. Уровень использования отходов пластмасс составляет 92,84 % (156,8 тыс. т.). За 2022 год на объекты захоронения направлено

11,4 тыс. т, среди которых преобладают прочие отходы пластмасс затвердевшие, не вошедшие в группу 1, остатки и смеси полимерных материалов, ионообменная смола отработанная, пенополиуретан, пленка полиэтилентерефталатная с металлическим слоем, прочие отходы полиэтилена, высечка из пленки (ПВХ) с фольгой, отработанные ионообменные смолы, гетинакс, текстолит, эластичный пенополиуретан (поролон), сополимеры винилхлорида и винилиденхлорида – пленка «повиден».

В Республике Беларусь зарегистрировано 190 объектов по использованию отходов пластмасс, на которых используется 75 наименований отходов пластмасс из 132 образующихся в Республике

Беларусь. Общая проектная мощность объектов по использованию полимерных отходов составляет около 113,94 тыс. т/год.

Существующие мощности обеспечивают переработку полиэтилентерефталата, полиэтилена, полипропилена, а также некоторых других незагрязненных отходов. Именно они в большей степени применяются для производства упаковки одноразового использования. В стране существуют мощности по переработке и других полимеров: полистирола, поливинилхлорида, АВС-пластика, однако они либо ограничены, либо позволяют перерабатывать только чистые технологические отходы полимеров, однако их недостаточно для использования всех отходов пластика, образующихся в Республике Беларусь.

К факторам, ограничивающим использование полимерных отходов относятся:

- высокая загрязненность изделий (в большей степени упаковки);
- сложнокомпонентный состав отходов, не поддающийся разделению;
- проблема визуальной идентификации пластиковой упаковки в общем потоке отходов при сортировке.

Также в настоящее время на территории Республики Беларусь запрещено использование и продажа следующего перечня одноразовой пластиковой посуды: вилки, ложки, ножи, палочки для размешивания напитков, стаканы объемом до 300 мл, тарелки, коробки, за исключением предназначенных для упаковывания кулинарных полуфабрикатов и кондитерских изделий, чашки.

Реализация данного запрета вызывает необходимость замены полимерного сырья экоматериалами и альтернативными видами сырья. Замена полимерной упаковки на альтернативную, в том числе бумажную не может быть реализована в полной мере, так как такая упаковка обладает меньшей прочностью и герметичностью, не все товары возможно упаковать в бумажную упаковку с сохранением их надлежащего качества и потребительских свойств. Стоит отметить, что стоимость бумажной упаковки также выше стоимости полиэтиленовых пакетов.

Расширение использования упаковки из экоматериалов также имеет ряд проблем, среди которых можно выделить:

- 1) узкий ассортимент и более низкие потребительские свойства посуды и упаковки из экоматериалов, которые значительно уступают пластиковым изделиям в части сохранения качества упакованной пищевой продукции;
- 2) более высокая стоимость упаковки из экоматериалов в сравнении с одноразовой пластиковой посудой;

3) недостаточные объемы производства упаковки из экоматериалов для покрытия потребности субъектов хозяйствования.

На основании вышеизложенного можно предположить, что введение запрета на ввоз и производство полимерных изделий одноразового использования повлечет увеличение риска значительного удорожания продукции, реализуемой при пунктах общественного питания. Поэтому существует необходимость развития рынка альтернативных видов упаковки и изделий из экоматериалов, имеющие требуемые характеристики, на основе научных исследований и разработок.

Заключение. На сегодняшний день на территории Республики Беларусь для стабилизации ситуации с полимерными отходами, возможно предпринять следующие меры:

- 1) повышать сознательность населения и осведомленность в вопросах раздельного сбора отходов, в том числе полимерных;
- 2) совершенствовать систему сбора и технологии использования полимерных отходов;
- 3) сокращать использование сложнокомпонентных, композиционных полимерных материалов;
- 4) расширять мощности по производству экоматериалов и альтернативных видов материалов с лучшими характеристиками с целью ограничения использования полимерных изделий одноразового использования;
- 5) расширять взаимодействие с другими странами по вопросам нормативного регулирования обращения с полимерными отходами, проведения научных исследований и обмена опытом в части технологий по использованию и обращению с такими отходами.

На сегодняшний день как в Республике Беларусь, так и в Российской Федерации ведется деятельность по регулированию обращения с полимерными отходами. Стоит также отметить, что ведется активная работа по гармонизации законодательства Республики Беларусь и Российской Федерации по разным направлениям, в том числе в области обращения с отходами. При дальнейшем взаимодействии возможна выработка конкретных эффективных решений и экономических инструментов, в том числе совместных, для дальнейшего регулирования данной сферы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Об обращении с отходами [Электронный ресурс] : Закон Респ. Беларусь, 20 июля 2007 г., № 271-З : в ред. закона от 28 июня 2022 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Национальный центр правовой информации Республики Беларусь. – Минск, 2022.

2. О перечне одноразовой пластиковой посуды [Электронный ресурс] : постановление Министерства антимонопольного регулирования Респ. Беларусь, 19 февр. 2020 г., № 14 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22035115&p1=1>. – Дата доступа: 07.01.2024.

3. Ведение государственного кадастра отходов Республики Беларусь / И. В. Семашко [и др.]. – Минск : Белорус. науч.-исслед. центр «Экология», 2023. – 171 с. – (Обзорная информация / М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, БелНИЦ «Экология»).

4. Подготовка социально-экономического анализа целесообразности введения поэтапного запрета на ввоз и производство отдельных видов полимерных изделий одноразового использования / Труш, Я. В., Кулевская, Н. А., Каражан, Ю. А. ; РНИУП «БелНИЦ «Экология» – Минск, 2022. – Деп. в ГУ «БелИСА» 30.09.2022, № 20221593.

5. Реестр объектов по использованию отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ecoinfo.by/>. – Дата доступа: 07.01.2024.

6. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 07.01.2024.

РАЗДЕЛ VI. РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 539.16.04:598.2:504.5(476.2)

ИВАНЦОВ ДМИТРИЙ НИКОЛАЕВИЧ,
старший научный сотрудник отдела экологии фауны

Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник», Хойники, Беларусь

МОЩНОСТЬ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ПТИЦ, ОБИТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛЕССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

В работе представлены данные о мощности доз внутреннего и внешнего облучения референтных видов птиц, обитающих на территориях с высоким уровнем радиоактивного загрязнения. В ходе исследований установлено, что усредненная оценка суммарной мощности поглощенной дозы облучения тетеревов составила $0,061 \pm 0,005$ мГр/сут, крякв – $0,034 \pm 0,017$ мГр/сут. Основной вклад при формировании дозовых нагрузок на птиц, обитающих в условиях заповедника, вносит ^{137}Cs в среднем его вклад равен 95 %.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение; зона отчуждения; мощность дозы; ^{137}Cs ; ^{90}Sr ; птицы.

IVANTSOV DMITRY NIKOLAEVICH,
Senior Researcher, Department of Fauna Ecology

State Environmental Research Institution «Polesye State Radiation-Ecological Reserve» Khoyniki, Belarus

RADIATION DOSE RATE OF BIRDS LIVING IN THE TERRITORY OF POLESYI STATE RADIATION-ECOLOGICAL RESERVE

The paper presents data on the dose rates of internal and external irradiation of reference bird species living in areas with high levels of radioactive contamination. During the research, it was established that the averaged, estimate of the total absorbed radiation dose rate of grouse was $0,061 \pm 0,005$ mGy/day, mallards – $0,034 \pm 0,017$ mGy/day. The main contribution to the formation of dose loads on birds living in the reserve is made by ^{137}Cs , on average its contribution is 95%.

Keywords: radioactive contamination; exclusion zone; dose rate; ^{137}Cs ; ^{90}Sr ; birds.

Введение. Мониторинг антропогенного влияния на биоту является необходимой мерой, которая позволяет давать текущую оценку и прогнозировать возможные события, связанные с изменением

экологической ситуации. Такого рода контроль важен для территорий радиоактивного загрязнения. На современном этапе развития биологии актуальной проблемой также является разработка и совершенствование методов, позволяющих проводить своевременное прогнозирование изменения структуры популяций животных и в максимально ранние сроки отслеживать начало патологического процесса.

Техногенная катастрофа, произошедшая на Чернобыльской АЭС, привела к масштабному загрязнению земель [1, 2]. Радиоактивное загрязнение и миграция источников ионизирующего излучения являются одним из наиболее сложно устранимых экологических факторов, которые могут оказывать негативное воздействие на биоту территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы. На современном этапе основными источниками радиоактивного загрязнения являются долгоживущие радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr влияющие на формирование доз облучения [3]. Дозу ионизирующего излучения для выявления различных радиобиологических эффектов в первую очередь связывают с поглощенной дозой [4].

Животные, обитающие на пострадавших территориях, подвергаются хроническому воздействию внешнего и внутреннего облучения. В качестве основного экологического критерия радиационного риска принимается максимально допустимая мощность дозы, не приводящая к воздействию на заболеваемость, размножение и продолжительность жизни организмов биоты, – экологически безопасный уровень облучения 1 мГр/сут – для млекопитающих, позвоночных животных и сосны обыкновенной *Pinus sylvestris*, 10 мГр/сут для растений, кроме сосны, и беспозвоночных животных [5, 6].

Материалы и методы исследования. Исследования выполнялись на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (ПГРЭЗ). Территории, на которых проводились работы, характеризуются высокими уровнями радионуклидного загрязнения [7].

В качестве исходных материалов для оценки мощности дозы облучения птиц использовались данные радиационного мониторинга за период 2009-2023 гг. [8, 9]. В качестве референтных видов и были выбраны – тетерев и кряква. Эти виды многочисленны и повсеместно распространены на территории заповедника, имеют разную степень оседлости и относящихся к разным экологическим комплексам: древесно-кустарниковому и водно-болотному [10].

За период проведения работ получены результаты мощности доз облучения для тетеревов (*Lyrurus tetrix*) (n=107) и крякв (*Anas platyrhynchos*) (n=116). Для радиологических исследований

отбирались органы и ткани животных. При исследовании загрязнения территории радионуклидами проводился отбор смешанных образцов почвы стандартным пробоотборником диаметром 4 см.

Определение удельной активности ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{241}Am в пробах проводили гамма-бета-спектрометрическим и радиохимическим методами, в лаборатории спектрометрии и радиохимии ПГРЭЗ с использованием гамма-бета спектрометра МКС-АТ1315 и гамма-спектрометра «Canberra». Относительная погрешность измерения удельной активности ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{241}Am в образцах не превышала 30%. Расчет мощностей доз выполнялся согласно методикам [6, 11] с использованием расчетных дозовых коэффициентов.

Полученные результаты были обработаны с помощью стандартных методов статистического анализа [12] с использованием пакета прикладных программ *Excel*. Получение результаты выражали в виде среднего значения $\pm$ стандартная ошибка.

Результаты исследований и их обсуждение. Удельная активность ^{137}Cs в мышечной ткани исследованных видов птиц, регистрировалась в пределах: у тетерева – 21-174082 Бк/кг, у кряквы 6-44908 Бк/кг. Наибольшие уровни содержания ^{137}Cs в отмечен у тетерева. Средний уровень накопления ^{137}Cs у тетерева за период с 2009 по 2017 года составил 5728 ± 920 Бк/кг, у кряквы в период 2007-2023 гг. составил 2048 ± 467 Бк/кг. Удельная активность ^{90}Sr в мышечной ткани тетеревов в среднем составляла 213 ± 36 Бк/кг при диапазоне ее изменений от 73 Бк/кг до 776 Бк/кг, у крякв 113 ± 22 Бк/кг (91–320 Бк/кг). Данные по удельной активности ^{241}Am в организме птиц за исследуемый период отсутствуют.

Радиоактивное загрязнение почвы в местах обитания исследуемых видов птиц характеризуется значительной мозаичностью. Диапазоны изменений содержания радионуклидов в почве составляли: ^{137}Cs – 2194–28477 Бк/кг, ^{90}Sr – 111–1568 Бк/кг, ^{241}Am – 7–51 Бк/кг. С учётом пространственной неоднородности загрязнения почвы, мощность дозы внешнего облучения для референтных видов птиц рассчитывались для участков загрязнённой территории, где они были добыты.

Рассчитанные мощности доз внешнего облучения от ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{241}Am для тетеревов, обитающих в условиях заповедника, варьировали от 0,006 до 0,075 мГр/сут, в среднем составив $0,032 \pm 0,012$ мГр/сут (таблица 1).

Таблица 1 – Мощность дозы внешнего облучения тетеревов от ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{241}Am , мГр/сут

Место изъятия	МД внешнего облучения, мГр/сут			Суммарная МД внешнего облучения, мГр/сут
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{241}Am	
Бабчинское л-во	1,21E-02	2,17E-10	3,00E-04	1,24E-02

Верхнеслободское л-во	6,98E-03	1,44E-10	8,64E-05	7,06E-03
Воротецкое л-во	7,52E-02	3,61E-10	1,38E-04	7,53E-02
Крюковское л-во	7,12E-02	5,64E-10	2,25E-04	7,14E-02
Радинское л-во	7,02E-02	5,08E-10	2,91E-04	7,05E-02
Оревичское л-во	9,91E-03	7,81E-11	1,13E-04	1,00E-02
Новопокровское л-во	5,80E-03	4,00E-11	4,03E-05	5,84E-03

Средняя мощность поглощенной дозы внешнего облучения от радионуклидов ^{137}Cs в почве, у тетеревов составила $0,032 \pm 0,012$ мГр/сут, от ^{90}Sr $0,001 \pm 0,001$ мГр/сут, ^{241}Am – $0,001 \pm 0,001$ мГр/сут. Основной вклад в формирование дозы внешнего облучения вносят радионуклиды ^{137}Cs – более 99 %. Величина поглощенной дозы внешнего облучения от радионуклидов ^{90}Sr и ^{241}Am составляет менее 1%.

Уровень мощности поглощенной дозы внутреннего облучения у тетеревов, находился в пределах от 0,001 до 0,339 мГр/сут (таблица 2).

Таблица 2 – Мощность дозы внутреннего облучения тетеревов от ^{137}Cs и ^{90}Sr , мГр/сут

Место изъятия	МД внутреннего облучения, мГр/сут		Суммарная МД внутреннего облучения, мГр/сут
	^{137}Cs	^{90}Sr	
Бабчинское л-во	$2,02\text{E-}02 \pm 1,87\text{E-}04$	$3,04\text{E-}03 \pm 1,03\text{E-}03$	2,32E-02
Верхнеслободское л-во	$2,34\text{E-}02 \pm 1,02\text{E-}02$	$6,55\text{E-}03 \pm 2,71\text{E-}03$	2,99E-02
Воротецкое л-во	$1,71\text{E-}02 \pm 3,89\text{E-}03$	$3,16\text{E-}03 \pm 8,92\text{E-}04$	2,03E-02
Крюковское л-во	$7,31\text{E-}02 \pm 3,07\text{E-}02$	$3,95\text{E-}03 \pm 6,96\text{E-}04$	7,70E-02
Радинское л-во	$3,85\text{E-}02 \pm 1,56\text{E-}02$	$2,15\text{E-}03 \pm 3,02\text{E-}04$	4,07E-02
Оревичское л-во	$1,34\text{E-}02 \pm 2,82\text{E-}03$	$2,34\text{E-}03 \pm 2,27\text{E-}04$	1,58E-02
Новопокровское л-во	$2,84\text{E-}02 \pm 6,63\text{E-}03$	$3,34\text{E-}03 \pm 1,97\text{E-}04$	3,18E-02

Средний уровень мощности поглощенной дозы внутреннего облучения уследуемого вида птиц составляет $0,026 \pm 0,004$ мГр/сут от ^{137}Cs и $0,003 \pm 0,001$ мГр/сут от ^{90}Sr . Вклад в суммарную мощность дозы внутреннего облучения для радионуклидов ^{137}Cs в среднем составляет 89 %, для радионуклидов ^{90}Sr 11 %.

Суммарная мощность дозы облучения от ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{241}Am тетеревов, добытых на территории заповедника, составила в среднем $0,061 \pm 0,005$ мГр/сут (рисунок 1).

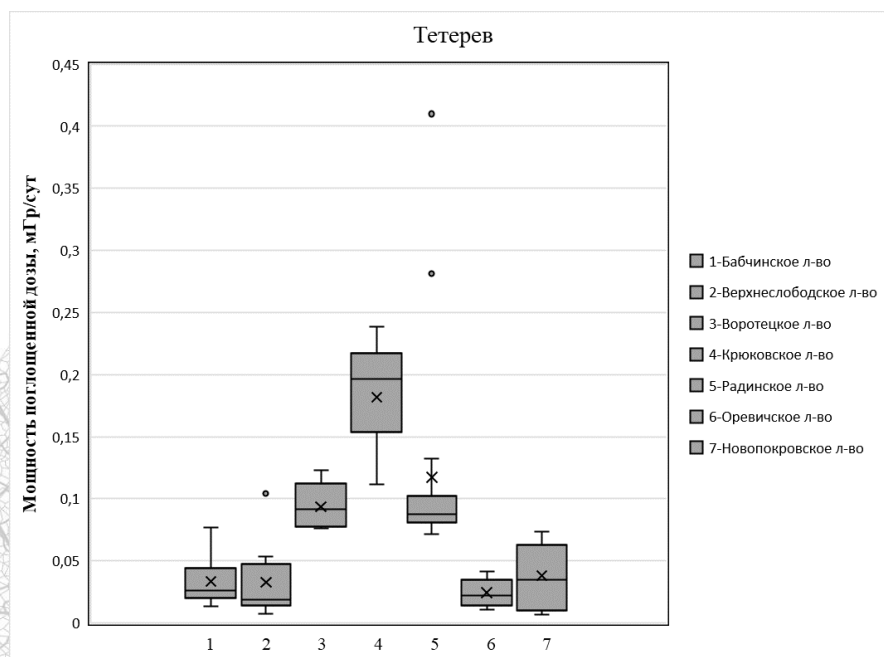


Рисунок 1 – Суммарная мощность дозы облучения тетеревов от ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{241}Am

Наиболее высокие уровни мощности дозы для тетеревов зарегистрированы на территории Крюковского ($0,148 \pm 0,031$ мГр/сут), Радинского ($0,111 \pm 0,016$ мГр/сут) и Воротецкого ($0,096 \pm 0,005$ мГр/сут) лесничеств, наименьшие в Оревичском лесничестве – ($0,026 \pm 0,003$ мГр/сут).

Основной вклад в формирование дозы внешнего облучения крякв вносят радионуклиды, аккумулированные в почве – более 99 %. В связи с этим величина поглощенной дозы облучения от радионуклидов в водных массах не учитывалась (вклад менее 1 %).

Уровень мощности поглощенной дозы внешнего облучения крякв, обитающих на территории заповедника, от радионуклидов ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{241}Am находился в пределах от 0,002 до 0,042 мГр/сут, при среднем значении равном $0,013 \pm 0,006$ мГр/сут (таблица 3).

Таблица 3 – Мощность дозы внешнего облучения крякв от ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{241}Am , мГр/сут

Место изъятия	МД внешнего облучения, мГр/сут			Суммарная МД внешнего облучения, мГр/сут
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{241}Am	
Бабчинское л-во	4,25E-03	9,49E-11	6,19E-07	4,25E-03
Верхнеслободское л-во	2,60E-03	5,62E-11	2,45E-07	2,60E-03
Воротецкое л-во	4,21E-03	5,04E-11	2,62E-07	4,21E-03
Радинское л-во	4,16E-02	4,42E-10	2,13E-06	4,16E-02
Оревичское л-во	1,60E-03	2,39E-11	1,04E-06	1,60E-03
Новопокровское л-во	1,92E-03	2,00E-11	1,73E-07	1,92E-03
Крюковское л-во	4,18E-02	2,71E-10	1,45E-06	4,18E-02

Мощность средней дозы внешнего облучения от ^{137}Cs составила $0,013 \pm 0,006$ мГр/сут ($0,002$ мГр/сут – $0,042$ мГр/сут). Доля вклада от ^{90}Sr и ^{241}Am составляла менее 1%.

Рассчитанные мощности доз внутреннего облучения от ^{137}Cs и ^{90}Sr для крякв, добытых на территории заповедника, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Мощность дозы внутреннего облучения крякв от ^{137}Cs и ^{90}Sr , мГр/сут

Место изъятия	МД внутреннего облучения, мГр/сут		Суммарная МД внутреннего облучения, мГр/сут
	^{137}Cs	^{90}Sr	
Бабчинское л-во	$9,31\text{E-}03 \pm 2,57\text{E-}03$	$1,95\text{E-}03 \pm 1,44\text{E-}04$	$1,13\text{E-}02$
Верхнеслободское л-во	$4,39\text{E-}03 \pm 1,43\text{E-}03$	$1,57\text{E-}03 \pm 4,54\text{E-}05$	$5,96\text{E-}03$
Воротецкое л-во	$5,32\text{E-}03 \pm 1,11\text{E-}03$	$1,62\text{E-}03 \pm 6,19\text{E-}05$	$6,93\text{E-}03$
Радинское л-во	$2,58\text{E-}02 \pm 1,26\text{E-}02$	$1,51\text{E-}03 \pm 7,55\text{E-}05$	$2,73\text{E-}02$
Оревичское л-во	$7,80\text{E-}03 \pm 5,77\text{E-}03$	$1,51\text{E-}03 \pm 1,84\text{E-}04$	$9,31\text{E-}03$
Новопокровское л-во	$3,55\text{E-}03 \pm 9,91\text{E-}04$	$1,72\text{E-}03 \pm 2,12\text{E-}04$	$5,27\text{E-}03$
Крюковское л-во	$8,13\text{E-}02 \pm 6,17\text{E-}02$	$1,51\text{E-}03 \pm 1,72\text{E-}04$	$8,28\text{E-}02$

Мощность средней дозы внутреннего облучения от ^{137}Cs составила $0,020 \pm 0,011$ мГр/сут ($0,001$ мГр/сут – $0,339$ мГр/сут), от ^{90}Sr – $0,002 \pm 0,001$ мГр/сут ($0,001$ мГр/сут – $0,012$ мГр/сут). Суммарная средняя годовая мощность поглощенной дозы внутреннего облучения крякв от радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr составила $0,021 \pm 0,009$ мГр/сут. Доля цезия составляет 92 %, ^{90}Sr – 8 %

На рисунке 2 представлены суммарные мощности доз облучения крякв. Максимальные мощности доз были отмечены для территорий Крюковского и Радинского лесничеств – $0,125 \pm 0,062$ мГр/сут и $0,069 \pm 0,008$ мГр/сут соответственно. На территории Новопокровского и Верхнеслободского лесничеств дозовые нагрузки для птиц были на минимальном зарегистрированном уровне – $0,007 \pm 0,001$ мГр/сут и $0,009 \pm 0,004$ мГр/сут соответственно. Средняя суммарная мощность дозы облучения от ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{241}Am крякв на территории заповедника составляет $0,034 \pm 0,017$ мГр/сут.

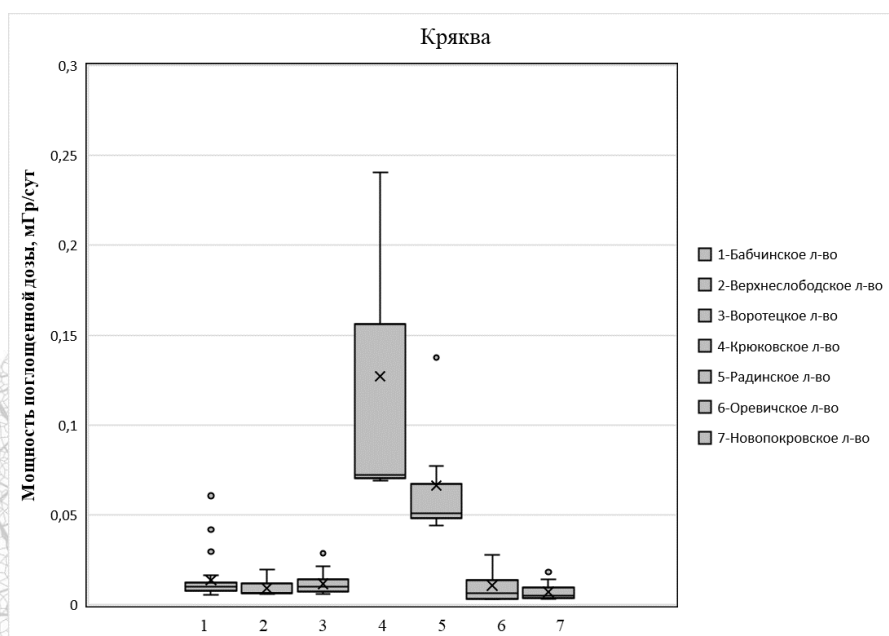


Рисунок 2 – Суммарная мощность дозы облучения крякв от ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{241}Am

Усредненные оценки мощности дозы облучения птиц, обитающих в естественной среде в условиях хронического радиационного загрязнения на территории ПГРЭЗ, показывают, что дозы внутреннего и внешнего облучения, в основном, обусловлена радиоактивными изотопами ^{137}Cs

Доля вклада в мощность дозы облучения радиоактивного цезия в среднем составляла 95% варьируя от 75% на территории Новопокровского лесничества до 98% на территории Радинского лесничества. Величина вклада отдельного радионуклида в дозу облучения зависит от вида излучения, его интенсивности и энергии его частиц.

Заключение. Оценки мощности облучения референтных видов птиц от ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{241}Am обитающих на территории заповедника показали, что средняя мощность поглощенной дозы внешнего облучения у тетеревов составляет $0,032 \pm 0,012$ мГр/сут, мощность внутреннего облучения составляет $0,029 \pm 0,004$ мГр/сут. Усредненная оценка мощности поглощенной дозы облучения составила $0,061 \pm 0,005$ мГр/сут.

Величина средней мощности поглощенной дозы внешнего облучения у крякв составила $0,013 \pm 0,006$ мГр/сут, мощность внутреннего облучения составила $0,021 \pm 0,009$ мГр/сут. Усредненная суммарная мощность дозы облучения составляет $0,034 \pm 0,017$ мГр/сут. Основной вклад при формировании дозовых нагрузок на птиц, обитающих в условиях ПГРЭЗ, вносит ^{137}Cs в среднем его вклад равен 95 %.

Рассчитанные мощности доз для референтных животных не превышали порога в 1 мГр/сут, варьируя для разных участков от 0,003 до 0,546 мГр/сут. Наиболее высокие дозовые нагрузки формируются у животных на территориях Крюковского и Радинского лесничеств, характеризующихся наиболее высокими уровнями радионуклидного загрязнения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Радиоактивное загрязнение природных сред в зоне аварии на Чернобыльской АЭС / Ю.А. Израэль [и др.] // Метеорология и гидрология. 1987. № 2. С. 5–18.
2. Радиоактивное загрязнение территории Беларуси (в связи с аварией на ЧАЭС) / В.И. Парфенов [и др.]: под общ. ред. В.И. Парфенова и Б.И. Якушева. Минск: Наука и техника, 1995. 582 с.
3. 20 лет после Чернобыльской катастрофы: последствия в Республике Беларусь и их преодоление. Национальный доклад // Под ред. В.Е. Шевчука, В.Л. Гурачевского. Минск: Комитет по проблемам последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС при Совете Министров Республики Беларусь, 2006. 112 с.
4. Ярмоненко, С. П. Радиобиология человека и животных / С. П. Ярмоненко, А. А. Вайнсон. – Москва : Высшая школа, 2004. – 549 с.
5. ICRP, 2008. ICRP Publication 108. Environmental protection: the concept and use of reference animals and plants. Ann. ICRP, 2008, vol. 38, no. 4-6, 251 p.
6. Рекомендации «Оценка радиационно-экологического воздействия на объекты природной среды по данным мониторинга радиационной обстановки» Р 52.18.820-2015 утверждены Заместителем Руководителя Росгидромета 17 апреля 2015 г.
7. Кудин М.В. Радиационная обстановка белорусского сектора зоны отчуждения Чернобыльской АЭС и её актуализация / М.В. Кудин, А.С. Казаков, О.В. Зубок // Радиэкологические последствия радиационных аварий – к 35-ой годовщине аварии на ЧАЭС: Сборник докладов международной научно-практической конференции, Обнинск, 22–23 апреля 2021 г. / Под ред. чл.-корр. РАН Н.И. Санжаровой, д.т.н. В.М. Шершакова. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2021. – С. 272 – 274.
8. Юрко В.В. Особенности накопления ^{137}Cs в мышцах птиц Полесского государственного радиационно-экологического заповедника // Экосистемы и радиация: аспекты существования и развития. Сборник научн. трудов, посвященный 25-летию Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / Под общ. ред. к.х.н. Ю.И. Бондаря, Минск, Институт радиологии - Мн., 2013. - С. 355-361.

9. Иванцов, Д.Н. Накопление радионуклидов позвоночными животными на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / Д.Н. Иванцов // Биологическое разнообразие животного мира Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / М.Е. Никифоров [и др.] : под ред. акад. М.Е. Никифорова. – Минск : Беларуская навука, 2022. – Гл. 9. – С. 227-255.

10. Юсис В. Определитель птиц / В. Юсис, С. Каралюс, Л. Раудоникис, А. Винчевский, Д. Винчевский, С. Левый, Н. Карлионова, И. Самусенко. – Минск : РИФТУР ПРИНТ, 2017. – 288 с.

11. ICRP Publication 136: Dose Coefficients for Non-human Biota Environmentally Exposed to Radiation. Ann ICRP. 2017 Dec; 46(2):1-136.

12. Лакин, Г.Ф. Биометрия. / Г.Ф. Лакин. – Москва: Высшая школа, 1990.

УДК 57.062/576.895.1/599.742-597.5(476.2)

ЮРЧЕНКО ИННА СТАНИСЛАВОВНА,
заведующий отделом экологии фауны

Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение
«Полесский государственный радиационно-экологический заповедник»,
Хойники, Беларусь

ГОСТАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ГЕЛЬМИНТОФАУНЫ ДИКИХ ЖИВОТНЫХ В ЗОНЕ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

Приводятся данные о видовом разнообразии и гостальной структуре гельминтофауны околотовных хищных млекопитающих и ресурсных видов рыб сем. Cyprinidae. Установлено, что в гельминтоценозе хищных млекопитающих, обитающих вблизи водных объектов на территории зоны отчуждения Чернобыльской АЭС, в настоящее время зарегистрировано 23 вида гельминтов с преобладанием паразитов (17 видов), сопряженных с хозяевами трофическими связями. Видовое разнообразие гельминтов ресурсных видов рыб представляют 26 видов, из которых 52% видов паразитируют на личиночных стадиях. Наиболее широкий спектр хозяев характерен для личинок трематод рода *Diplostomum* и метацеркарий трематод сем. Opisthorchiidae.

Ключевые слова: гельминты; экстенсивность инвазии; доминирование; гостальность; заповедник; зона отчуждения.

YURCHENKO INA STANISLAVOVNA,
Head of the department of fauna ecology

State environmental research institution
"Polesie State Radiation-Ecological Reserve",
Khoyniki, Belarus

HOSTAL STRUCTURE OF THE HELMINTH FAUNA OF WILD ANIMALS IN THE EXCLUSION ZONE OF THE CHERNOBYL NUCLEAR POWER PLANT

Data are provided on the species diversity and host structure of the helminth fauna of semi-aquatic predatory mammals and resource species of fish of the family. Cyprinidae. It has been established that in the helminthocenosis of predatory mammals living near water bodies in the exclusion zone of the Chernobyl nuclear power plant, 23 species of helminths with a predominance of parasites (17 species) associated with hosts through trophic connections are currently registered. The species diversity of helminths of resource fish species is represented by 26 species, of which 52% of species parasitize at the larval stages. The widest range of hosts is typical for larvae of trematodes of the genus *Diplostomum* and metacercariae of trematodes of the family Opisthorchiidae.

Key words: helminths; extent of invasion; dominance; gostelnost; reserve; exclusion zone.

Введение. Паразитологическая обстановка в наземных и водных биогеоценозах зоны отчуждения Чернобыльской АЭС является составной частью ее экологического состояния. Кроме того, паразитарный фактор может определять численность видов-хозяев, и, таким образом, влиять на структуру и функционирование сообществ [1]. Важный аспект экологических исследований – изучение гельминтозов как фактора, влияющего не только на состояние популяций диких животных на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (далее – ПГРЭЗ) в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС, но и в прилегающих к ПГРЭЗ районах. Паразитические организмы составляют неотъемлемую часть экологических систем. Они тесно связаны не только со своими хозяевами, но и с климатическими, гидробиологическими, почвенными условиями, а также с многочисленными живыми организмами, входящими в состав биоценоза.

Во временном аспекте происходит расширение ареала многих видов гельминтов, прежде всего за счет расширения круга хозяев [2]. В Беларуси высока численность инвазивных видов хищных млекопитающих [3], которые регистрируются на всей территории ПГРЭЗ [4]. Вселение чужеродных видов в экосистемы рассматривается в наше время как биологическое загрязнение и представляет большую опасность, поскольку такие организмы, если условия окажутся для них благоприятными, могут размножаться и вступать в конкуренцию с аборигенными видами, в конечном итоге перестраивая всю сложившуюся в биотопе иерархию отношений [5]. Этот процесс стал возможным благодаря появлению многих видов животных в не свойственных им биотопах в результате различных явлений. Это подтверждается появлением в Беларуси новых видов гельминтов, ранее считавшихся эндемиками определенных районов [6]. Изменение численности субъектов паразитарных систем в естественных экосистемах не приводит к их разрушению, так как находится под воздействием эволюционно сложившихся механизмов гомеостаза [7], но в условиях трансформации окружающей среды их сбалансированность может нарушиться.

Изучение гельминтоценозов хищных позвоночных животных и рыб на конкретных территориях представляет не только теоретический, но и большой практический интерес, так как многие паразитирующие у них виды гельминтов представляют опасность для домашних животных и человека [8]. Полученные данные о гостальной и таксономической структуре гельминтов животных позволяют понять структуру формирования гельминтофауны для каждого исследуемого вида животного, а также специфичность гельминтов к их хозяевам.

Основная часть. Для установления гостальной структуры гельминтов животных различного таксономического статуса, а также оценке их зараженности гельминтами проанализированы

результаты паразитологического вскрытия 210 особей инвазивных околотовдных хищных млекопитающих (182 особи енотовидной собаки (*Nystereutes procyonides*, Gray, 1834) и 28 – американской норки *Mustela vison*, (Schreber, 1777)) и 1209 особей 9 ресурсных видов рыб сем. Cyprinidae (лещ *Abramis brama* (L., 1758) – 297 особей, жерех *Aspius aspius* (L., 1758) – 112, линь *Tinca tinca* (L., 1758) – 126, плотва *Rutilus rutilus* (L., 1758) – 336, густера *Blicca bjoerkna* (L., 1758) – 20, карась серебряный *Carassius auratus s.lato* – 79, чехонь *Pelecus cultratus* (L., 1758) – 5, язь *Leuciscus idus* (L., 1758) – 3, синец *Ballerus ballerus* (L., 1758) – 231 особь).

Околотовдные хищные млекопитающие отлавливались с помощью капканов №№1-5 в прибрежной зоне водных объектов. В качестве орудий лова рыб использовались сети трехстенные «Нептун» (длина 30 м, высота 1,8 м, размер ячеи от 30 до 70 мм).

Паразитологические исследования животных, сбор, фиксацию и камеральную обработку паразитологического материала проводили по методикам, широко применяемым в практике работ паразитологов, используя при этом монографические сводки и публикации [9-12]. Определение видов паразитов млекопитающих и рыб проведено по определителям [13-15]. Таксономическая структура зарегистрированных видов гельминтов животных приведена по КATALOGУ [16].

Хищники занимают самый высокий уровень экологической пирамиды. В составе гельминтофаунистических комплексов хищных млекопитающих значительная доля представлена возбудителями зоонозных гельминтозов, где хищники выступают в роли основных носителей и резервентов, поддерживая функциональную устойчивость природных очагов гельминтозов. Как неотъемлемый компонент природных экосистем, интродуцированные енотовидная собака и американская норка входят в процесс циркуляции возбудителей большинства природно-очаговых инвазий, поддерживая их на высоком уровне [17-18].

В гельминтоценозе хищных млекопитающих, обитающих вблизи водных объектов на территории ПГРЭЗ, в настоящее время зарегистрировано 23 вида гельминтов из 20 родов, 15 семейств, 10 отрядов, 5 классов, 3 типов. Гельминтофауну енотовидной собаки в настоящее время составляют 19 видов гельминтов при общей инвазированности 100%. Наиболее распространенными гельминтами являются трематоды *Echinochasmus perfoliatus* Ratz, 1908 с экстенсивностью инвазии 72,5% и *Alaria alata* Goeze, 1782, встречаемость которой в популяции животного составляет 67,6%. Эти же трематоды имеют и наибольшие индексы доминирования (34,96% и 49,12%) и обилия (73,68 экз. и 103,53 экз.) соответственно.

У американской норки выявлено 13 видов гельминтов, которыми она заражена на 93%. Высокой экстенсивность инвазии характеризуется вид *Spirometra erinacei* Rudolphi, 1819 из класса цестод, встречаемость которого 64,28%. Доминирующее положение в гельминтоценозе занимает трематода *Pseudamphistomum truncatum* Rudolphi, 1819 с индексом доминирования 62%.

Впервые на территории Беларуси енотовидная собака зарегистрирована в качестве дефинитивного хозяина для трематоды *Ec.perfoliatus*, цестоды *Diphyllbothrium latum* (L., 1758), скребня *Macracanthorhynchus hirudinaceus* Pallas, 1781 и нематод *Dirofilaria immitis* Leidy, 1856 и *Strongyloides vulpis* Petrow, 1941; американская норка – для трематод *Ec.perfoliatus* и *Mesorchis denticulatus* Rudolphi, 1802.

Рассмотрение биоценотических связей чужеродных хищных млекопитающих позволило выяснить, что заражение лишь 26% гельминтов происходит топическим путем. 65% обнаруженных гельминтов в качестве промежуточных хозяев имеют беспозвоночных животных, из которых наибольшее количество составляют моллюски – 53%. В гельминтофауне хищных животных преобладают паразиты (17 видов), сопряженные с хозяевами трофическими связями. К этой группе относятся все трематоды, цестоды, скребни и три вида нематод, заражение которыми происходит при питании различными группами жертв.

Для реализации своего жизненного цикла 52% обнаруженных паразитов требуется дополнительный хозяин. Смена хозяев происходит по ди- и гидротриксенному типу. Один из обнаруженных гельминтов – нематода *D. immitis* – передается трансмиссивно. Среди гельминтов, развивающихся по диксенному типу, 42% видов для продолжения развития используют насекомых, и по 29% – дождевых червей и млекопитающих. Большинство гельминтов развивается по гидротриксенному типу, где в качестве промежуточного хозяина 80% гельминтов используют брюхоногих моллюсков, а остальные – мелких планктонных ракообразных из подкласса веслоногих рачков. Далее дополнительным хозяином выступают млекопитающие, амфибия и рептилии (30%); представителей надкласса Рыбы используют 70% зарегистрированных гельминтов.

Видовое богатство гельминтов ресурсных видов рыб сем. Cyprinidae в водных объектах на территории зоны отчуждения Чернобыльской АЭС представляют 26 видов гельминтов 5 классов 3 типов. В количественном отношении преобладают трематоды (их 18 видов), паразитирующие у рыб в имгинальной и ларвальной стадиях.

Наиболее широкий спектр хозяев характерен для личинок трематод рода *Diplostomum*, которые были обнаружены у всех исследованных видов рыб с экстенсивностью инвазии от 3% у карася

серебряного до 81% у леща. Полигостальностью также обладают метацеркарии трематод сем. *Opisthorchiidae*. Например, личиночные стадии паразитов *Opisthorchis felineus* Rivolta, 1884, *Metorchis xanthosomus* (Creplin, 1846) и *Ps. truncatum* обнаружены у девяти видов рыб; *Metorchis bilis* (Braun, 1790) – у семи. Частота встречаемости личиночных стадий трематоды *O. felineus*, имеющей эпидемиологическое значение, изменяется от 5% у карася до 71% у леща.

В составе паразитоценозов рыб доминируют виды со сложным жизненным циклом, при этом 54% видов паразитируют на личиночных стадиях. Следует отметить, что прямым следствием видовой специфичности метацеркарий у многих видов трематод является почти полное совпадение их ареалов с ареалами моллюсков-хозяев.

Было установлено, что у исследованных видов рыб самое высокое разнообразие видов гельминтов отмечено у линя (15 видов), далее следует плотва (14), лещ (11), карась (10), по 9 паразитов обнаружено у синца и жереха, 8 видов гельминтов обнаружено у язя, 7 – у чехони и 5 видов гельминтов зафиксировано у густеры. Следует отметить, что по таким видам, как язь и чехонь в настоящее время имеется недостаточно материала для обоснованного вывода об использовании этих видов рыб паразитами в своих жизненных циклах.

Наиболее богатый видовой и количественный состав паразитов прослеживается у тех видов рыб, которые находятся в тесном контакте с прибрежной полосой. Именно здесь происходит их нагул и естественное заражение паразитами. Частая вариация уровня воды создает множество мелководных и заросших гидрофитами биотопов, где и концентрируются инвазионные стадии трематод и их промежуточных хозяев.

Заключение. В гельминтоценозе хищных млекопитающих, обитающих вблизи водных объектов в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС на территории ПГРЭЗ, в настоящее время зарегистрировано 23 вида гельминтов. Для реализации своего жизненного цикла 52% обнаруженных паразитов требуется дополнительный хозяин. 65% обнаруженных гельминтов в качестве промежуточных хозяев имеют беспозвоночных животных, из которых наибольшее количество составляют моллюски – 53%. Для реализации своего жизненного цикла 52% обнаруженных паразитов требуется дополнительный хозяин. В этом случае представителей надкласса Рыбы используют 70% гельминтов.

У рыб сем. *Syprinidae* видовое разнообразие гельминтов представлено 26 видами. Наиболее широкий спектр хозяев характерен для личинок трематод рода *Diplostomum*, которые были

обнаружены у всех исследованных видов рыб, как и метацеркарии трематод *O.felineus*, *M.xanthosomus* и *Ps.truncatum*.

Характерно, что виды гельминтов, относящиеся к особо опасным в эпидемиологическом отношении, характеризуются ярко выраженным и эволюционно закрепленным признаком – полигостальностью. Эта особенность предусматривает наличие широкого круга дефинитивных хозяев. Важную роль в передаче возбудителей таких гельминтозов имеют линь, плотва и лещ, у которых отмечена высокая степень заражения метацеркариями эпидемически-значимых трематод.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пугачев, О.Н. Паразиты пресноводных рыб Северной Азии (фауна, экология паразитарных сообществ, зоогеография : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.02.11 / СПб., 1999. – 50 с.
2. Анисимова, Е.И. Гельминты хищных млекопитающих (семейство Canidae, Fischer, 1817) в естественных условиях и на зверофермах / Е.И. Анисимова, С.В. Полоз, А.М. Субботин. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 236 с.
3. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень / М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь : Е.И. Грамадская [и др.]; Под общей редакцией Е.И. Грамадской – Минск: РУП «ЦНИИКИВР», 2023 г. – С. 90.
4. Кучмель, С.В. Видовой состав млекопитающих отрядов Насекомоядные, Зайцеобразные, Хищные, Грызуны и Парнокопытные Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / С.В. Кучмель. – Фаунистические исследования в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике. – Гомель: Институт радиологии, 2008. – С. 38-64.
5. Колонин, Г.В. Биологическое загрязнение / Г.В. Колонин, С.М. Герасимов, В.Н. Морозов // Экология. № 2, 1992. – С. 89–94.
6. Анисимова, Е.И. Формирование гельминтоценозов хищных млекопитающих в естественных и трансформированных ландшафтах Беларуси : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.02.11 / Е.И. Анисимова ; – Витебск, 2004 – 45 с.
7. Kennedy C.R. The ecology of parasites of freshwater fishes: The search for patterns / Kennedy C.R. // Parasitology. – 2009. – 136, № 12. – С. 1653–1662.

8. Шималов, В. В. Гельминты, общие человеку и диким животным, на осушенных землях Белорусского Полесья : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.11 / В.В. Шималов ; – Мн., 1991. – 19 с.
9. Догель, В.А. Курс общей паразитологии: науч. изд. / В.А.Догель; под ред. А.Л.Стрелкова. – Ленинград: Государственное учебно-педагогическое издательство министерства просвещения РСФСР, 1947. – 371 с.
10. Ромашов, Б.В. Методика гельминтологических исследований позвоночных животных: учебное пособие / Б.В. Ромашов, Л.Н. Хицова, Е.И. Труфанова, Н.В. Ромашова // Воронеж, 2003. – 35 с.
11. Быховская – Павловская, Е.И. Паразиты рыб. Руководство по изучению: Методы зоологических исследований / И.Е. Быховская – Павловская. – Л.: Наука, 1996. – 123 с.
12. Судариков, В.Е. Паразиты гидробионтов России / В.Е. Судариков, А.А. Шигин, Ю.В. Курочкин. – М.: Наука, 2002. – 298 с.
13. Козлов, Д. П. Определитель гельминтов хищных млекопитающих. – СССР. М.: Наука, – 1977. – 275 с.
14. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР: в 3 т. / редкол.: О.А. Скарлато (гл.ред.) [и др.]. – Л.: Наука, 1985. – Т. 2: Паразитические многоклеточные (первая часть) / А.В. Гусев [и др.]. – 425 с.
15. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР: в 3 т. / редкол.: О.А. Скарлато (гл.ред.) [и др.]. – Л.: Наука. – Т.3: Паразитические многоклеточные (вторая часть) / О.Н. Бауэр [и др.]. – 1987. – 583 с.
16. Гельминты позвоночных животных и человека на территории Беларуси : каталог / Е.И. Бычкова [и др.] ; Нац. Акад. наук Беларуси, Науч.-практ. цент по биоресурсам. – Минск : Беларуская навука, 2017. – 316 с.
17. Юрченко, И.С. Видовой состав гельминтов енотовидной собаки в условиях Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / И.С. Юрченко, Е.И. Анисимова // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук – 2020. – Т. 65, № 1 – С. 76–81.
18. Юрченко, И.С. Пресноводные брюхоногие моллюски как промежуточные хозяева возбудителей природно-очаговых инвазий в водных экосистемах зоны отчуждения Чернобыльской АЭС / И.С. Юрченко // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук – 2023. – Т. 68, № 3. – С. 234–240.

УДК 630*8:614.876:539.16

ВОРОНЕЦКАЯ АЛЕСЯ НИКОЛАЕВНА,

Младший научный сотрудник отдела экологии растительных комплексов

Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение

Полесский государственный радиационно-экологический заповедник

Республика Беларусь, г. Хойники,

ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ЛЕКАРСТВЕННЫМИ РАСТЕНИЯМИ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

В статье приводятся сведения о плотности загрязнения почвы ^{137}Cs и ^{90}Sr , удельной активности и коэффициентах перехода данных радионуклидов в траву и соцветия некоторых видов лекарственных растений, произрастающих на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника. Приводятся факторы, влияющие на интенсивность аккумуляции ^{137}Cs и ^{90}Sr лекарственными растениями. Исследовано влияние влагообеспеченности почв на накопление радионуклидов растениями за вегетационный период. Показано, что влажность почвы не оказывает существенного влияния на накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr лекарственными растениями.

Ключевые слова: мощность дозы; удельная активность; коэффициент перехода; гидротермический коэффициент; период вегетации; лекарственное растение; радионуклид.

DYNAMICS OF ACCUMULATION OF RADIONUCLIDES BY MEDICINAL PLANTS OF THE CHERNOBYL NPP EXCLUSION ZONE

The article provides information on the density of soil contamination by ^{137}Cs and ^{90}Sr , specific activity and transition rate of radionuclides into the grass and inflorescence of some species of medicinal plants, growing on the territory of Polesye State Radiation-Ecological Reserve. The factors, influencing the intensity of accumulation of ^{137}Cs and ^{90}Sr by the medicinal plants, are given as well. The influence of soil moisture availability on radionuclide accumulation by plants during the vegetation period was investigated. It is shown that soil moisture does not significantly affect the accumulation of ^{137}Cs and ^{90}Sr by medicinal plants.

Введение. Наблюдаемые процессы изменения климата на территории Республики Беларусь в настоящее время являются актуальной проблемой. Они характеризуются значительным ростом температуры холодных сезонов года, ростом испаряемости при сохранении и даже при снижении количества атмосферных осадков за теплый период года, возрастанием повторяемости засух, при одновременном увеличении интенсивности ливневых осадков [1]. Накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr растениями в результате отклонений температурного и гидрологического режима от климатической нормы является недостаточно изученной проблемой. На радиационно опасных землях актуальной задачей

является изучение данных процессов, так как радионуклиды относительно легко включаются в трофические цепи и являются источниками внутреннего облучения организмов.

Основная часть. Исследования проводились на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника. Объектом исследований являлись почва, трава и соцветия 5 видов лекарственных растений: ослинник двулетний, зверобой продырявленный, чабрец блошиный, душица обыкновенная и пахучка обыкновенная.

Отбор проб травы и соцветий лекарственных растений производился по методикам, принятым в радиоэкологических исследованиях [2]. Пробы почвы отбирались с помощью стандартного пробоотборника диаметром 40 мм на глубину 200 мм. Травянистую растительность и почву, периодически перемешивая, высушивали в лабораторных условиях до воздушно-сухого состояния.

Удельную активность (A_y) ^{137}Cs и ^{90}Sr в образцах определяли на сцинтилляционном гамма-бета-спектрометре МКС-АТ1315 [3]. Дозиметром-радиометром МКС-АТ6130 измеряли мощность эквивалентной дозы γ -излучения (МД) на высоте 1 м.

Для сопоставления уровней накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr лекарственными видами растений рассчитывали коэффициенты перехода (K_n), как частное от их A_y (Бк/кг) к плотности загрязнения почвы (ПЗ) (кБк/м²), которые указывают на способность накапливать тот или иной радионуклид вне зависимости от ПЗ.

Исследования по накоплению ^{137}Cs и ^{90}Sr лекарственными видами растений проводились в 2017–2023 гг. на 3 постоянных пробных площадях (ППП): Вр10-2, Вр79-6 и Бг143-3. МД в местах произрастания растений составляла 0,15–0,41 мкЗв/ч, что в 1,3–3,4 раза больше естественного радиационного фона (0,12 мкЗв/ч), а ПЗ ^{137}Cs колебалась в пределах 141–541 кБк/м² (3,8–14,6 Ки/км²), ^{90}Sr – 13–109 (0,4–2,9 Ки/км²) (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика МД, ПЗ, A_y , K_n ^{137}Cs и ^{90}Sr в траву и соцветия лекарственных растений

Вид – растительный образец	МД, мкЗв/ч	ПЗ, кБк/м²		А _у , Бк/кг		К _п , н*10 ⁻³ м²/кг		Год
		¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	
Вр10-2								
Ослинник двулетний – соцветие	0,18	141	13	111±34	435±100	0,79	33,46	2017
	0,21	290	23	110±46	321±103	0,38	13,96	2018
	0,19	255	13	140±67	246±96	0,55	18,92	2019
	0,20	380	15	101±53	152±44	0,27	10,22	2020
	0,15	356	21	58±13	251±95	0,16	11,82	2022
	0,16	308	13	14±4	88±27	0,05	6,81	2023

Зверобой продырявленный – трава	0,21	290	16	327±80	239±92	1,10	15,15	2018
	0,19	255	13	57±29	144±75	0,22	10,88	2019
	0,16	232	18	20±6	66±65	0,08	3,62	2021
	0,15	356	21	41±14	89±34	0,12	4,19	2022
	0,16	308	13	65±18	88±27	0,21	6,81	2023
Br79-6								
Зверобой продырявленный – трава	0,39	352	36	333±91	1102±233	0,95	30,36	2019
	0,34	346	42	250±85	685±146	0,72	16,22	2020
	0,41	250	47	1009±236	1524±329	4,04	32,36	2021
	0,40	391	68	122±43	1218±275	0,31	17,79	2022
	0,33	301	41	364±107	1518±316	1,21	37,01	2023
Душица обыкновенная – трава	0,35	333	109	698±173	1278±336	2,10	11,70	2018
	0,39	352	36	361±100	805±226	1,03	22,18	2019
	0,34	346	42	168±67	672±145	0,49	15,92	2020
	0,41	250	47	290±102	774±245	1,16	16,43	2021
	0,40	391	68	151±52	1733±367	0,39	25,31	2022
Чабрец блошиный – трава	0,33	301	41	272±74	705±174	0,90	17,19	2023
	0,35	333	109	1220±314	1032±289	3,67	9,50	2018
	0,39	352	36	175±69	817±208	0,50	22,51	2019
	0,34	346	42	167±67	1434±287	0,48	33,96	2020
	0,41	250	47	128±52	853±200	0,51	18,11	2021
Чабрец блошиный – трава	0,40	391	68	228±68	432±146	0,58	6,31	2022
	0,33	301	41	135±51	751±176	0,45	18,31	2023
Br143-3								
Зверобой продырявленный – трава	0,31	339	52	488±100	333±81	1,44	6,44	2020
	0,29	240	46	213±86	293±100	0,89	6,40	2021
	0,27	252	30	235±58	112±42	0,93	3,76	2022
	0,30	320	60	1634±387	301±102	5,10	5,04	2023
Душица обыкновенная – трава	0,31	541	96	1160±247	458±119	2,15	4,80	2018
	0,31	339	52	1270±289	532±126	3,75	10,30	2020
	0,29	240	46	536±144	769±182	2,23	16,81	2021
	0,27	252	30	452±105	488±118	1,80	16,40	2022
	0,30	320	60	566±133	425±144	1,77	7,12	2023
Чабрец блошиный – трава	0,31	541	96	536±150	751±181	0,99	7,80	2018
	0,31	339	52	309±95	442±102	0,91	8,55	2020
	0,29	240	46	126±88	527±203	0,52	11,52	2021
	0,27	252	30	137±52	249±104	0,54	8,37	2022
	0,30	320	60	260±65	394±99	0,81	6,60	2023
Пахучка обыкновенная – трава	0,31	339	52	461±117	555±121	1,36	10,74	2020
	0,29	240	46	589±162	680±165	2,45	14,86	2021
	0,27	252	30	422±102	436±107	1,68	14,65	2022
	0,30	320	60	289±88	722±199	0,90	12,10	2023

Лекарственные растения, как и другие виды растений, характеризуются видоспецифичностью накопления радионуклидов [5]. В исследованных образцах $K_p^{137}\text{Cs}$ в траву и соцветия варьировали от $0,05 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$ до $5,10 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$. По усредненным значениям интенсивности перехода ^{137}Cs в данные части лекарственные растения располагается в следующей последовательности: ослинник двулетний < чабрец блошиный < зверобой продырявленный < пахучка обыкновенная < душица обыкновенная.

Лекарственные растения интенсивнее накапливали ^{90}Sr . Соотношение средних $K_p^{137}\text{Cs} / K_p^{90}\text{Sr}$ составило 12,4. Значения $K_p^{90}\text{Sr}$ в траву и соцветия лекарственных растений варьировали от $3,62 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$ до $37,01 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$. Растения по способности накапливать ^{90}Sr располагаются в следующем ранжированном ряду: пахучка обыкновенная < чабрец блошиный < зверобой продырявленный < душица обыкновенная < ослинник двулетний.

Помимо биологических особенностей самих растений на накопление радионуклидов значительное влияние оказывают и другие факторы: плотность радиоактивных выпадений и формы их нахождения, свойства почвы, погодные и другие условия произрастания [5]. Среди почвенных характеристик наибольшее влияние на аккумуляцию радионуклидов оказывают гранулометрический и минералогический состав, агрохимические показатели почвы и режим ее увлажнения [6]. При этом сведения по влиянию влажности почвы на поступление радионуклидов в растения неоднозначны. Имеется ряд исследований, показывающих на повышение загрязнения растений, как при повышении, так и понижении влажности почвы [7–10]. В работе [8] авторы отмечают, что накопительная способность растений существенно зависит от климатических особенностей года. В течение сезона содержание радионуклидов в растениях одного и того же вида непостоянно, увеличиваясь от весны к осени.

При оценке влагообеспеченности территории в Беларуси наиболее широкое практическое применение получил гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК). При значениях ГТК 0,2–0,4 условия вегетационного периода характеризуются как сухие, 0,4–0,7 – очень засушливые, 0,7–1,0 – засушливые, 1,0–1,3 – слабозасушливые, 1,3–1,6 – оптимальные и >1,6 – влажные [11]. Показатели тепло и влагообеспеченности территории зоны отчуждения Чернобыльской АЭС за период вегетации исследуемых лекарственных видов растений представлены в таблице 2. Условия вегетационного периода растений изменялись от очень засушливых (2023 гг.) до влажных (2020 г.).

**Таблица 2 – Показатели тепло и влагообеспеченности территории зоны отчуждения
Чернобыльской АЭС по данным метеостанций Масаны и Брагин**

Год	Период	Средняя температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	ГТК
2017	III–04.VII	14,8	161,8	0,9
2018	IV–12.VI	16,5	34,6	0,3
	IV–06.VII	16,4	140,4	0,9
2019	IV–07.VII	17,5	102,8	0,6
	IV–21.VIII	17,6	191,1	0,8
2020	IV–12.VII	15,1	314,9	2,1
2021	IV–29.VI	15,4	131,4	1,0
2022*	IV–07.VII	17,7	227,2	1,3
2023*	IV–26.VI	15,6	63,0	0,5
	IV–10.VII	17,2	111,3	0,6

Примечание. * – по данным метеостанции Брагин

Статистический анализ с использованием U-теста Манна-Уитни не позволил выявить достоверные различия $K_{\text{п}}$ ^{137}Cs и ^{90}Sr в траву и соцветия лекарственных видов растений, произрастающих в очень засушливых и влажных условиях. Следовательно, влажность почвы не оказывает существенного влияния на накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr лекарственными растениями.

Между накоплением ^{137}Cs и ^{90}Sr и показателем ГТК у некоторых видов лекарственных растений наблюдаются корреляционные зависимости (таблица 3).

Таблица 3 – Коэффициенты корреляции показателей накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr лекарственными растениями с показателем ГТК

Показатели	Зверобой продырявленный		Душица обыкновенная		Чабрец блосиный		Пахучка обыкновенная		Ослинник двулетный	
	$K_{\text{п}}$ ^{137}Cs	$K_{\text{п}}$ ^{90}Sr	$K_{\text{п}}$ ^{137}Cs	$K_{\text{п}}$ ^{90}Sr	$K_{\text{п}}$ ^{137}Cs	$K_{\text{п}}$ ^{90}Sr	$K_{\text{п}}$ ^{137}Cs	$K_{\text{п}}$ ^{90}Sr	$K_{\text{п}}$ ^{137}Cs	$K_{\text{п}}$ ^{90}Sr
ГТК	Вр10-2									
	–0,80	–0,80	–	–	–	–	–	–	–0,03	–0,20
	Вр79-6									
	–0,56	–0,82	–0,46	–0,17	0,20	–0,06	–	–	–	–
	Бг143-3									
	–0,20	0,40	0,70	0,50	–0,10	0,70	0,20	–0,40	–	–

Отмечены высокая и заметная отрицательные корреляционные связи между накоплением ^{137}Cs и ^{90}Sr в траве зверобоя продырявленного, произрастающего на ППП Вр10-2 и Вр79-6 с ГТК, а также заметная положительная корреляционная связь между содержанием радионуклидов в траве душицы

обыкновенной и накоплением ^{90}Sr в траве чабреца блошиного, произрастающих на ППП Бг143-3 с ГТК. Статистически эти зависимости незначимы, что обусловлено малым количеством наблюдений.

Заключение. Статистический анализ не позволил выявить достоверные различия $K_{\text{п}}$ ^{137}Cs и ^{90}Sr в траву и соцветия лекарственных видов растений, произрастающих в очень засушливых и влажных условиях. Следовательно, влажность почвы не оказывает существенного влияния на накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr этими растениями.

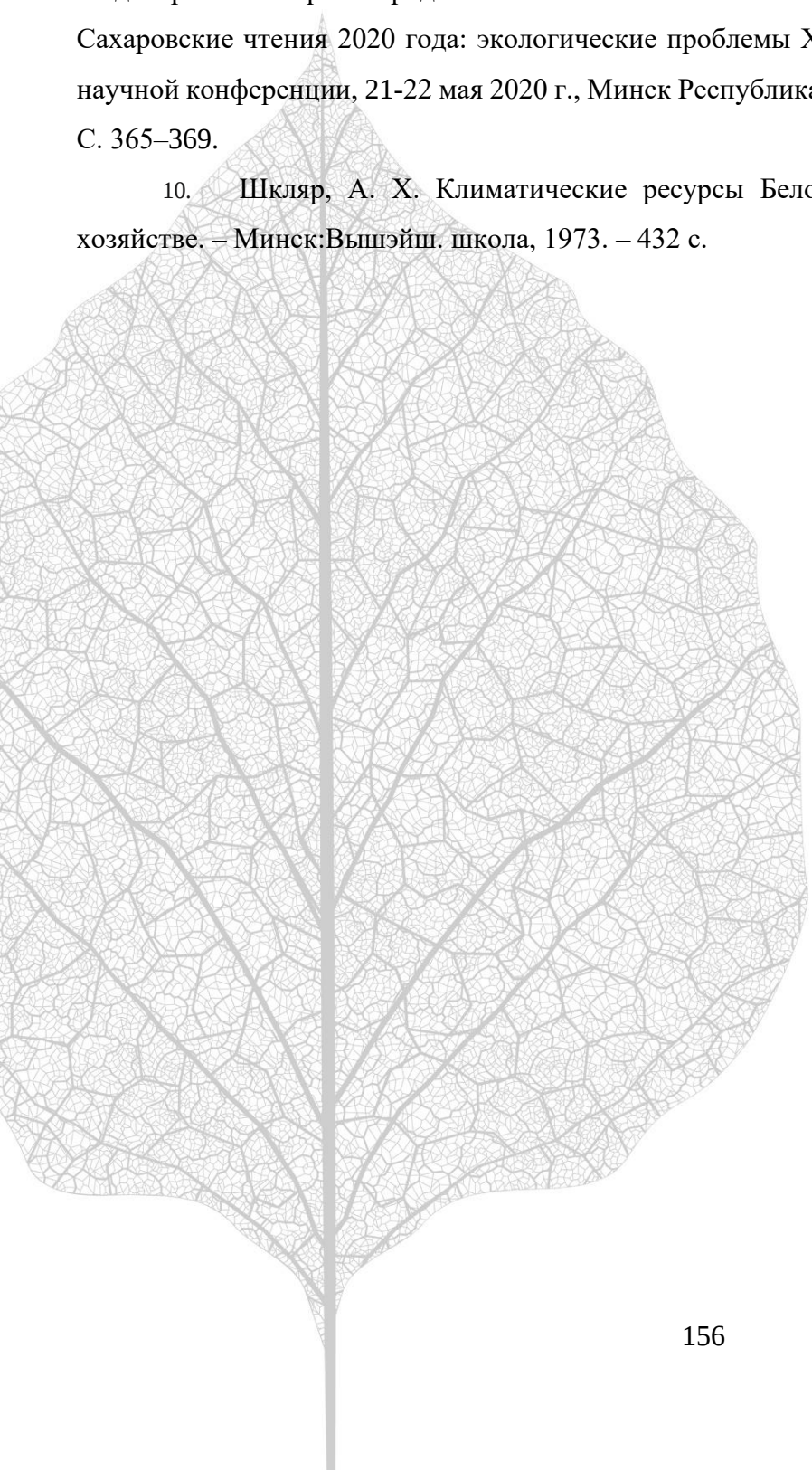
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Логинов, В. Ф. Современные изменения глобального и регионального климата / В. Ф. Логинов, С. А. Лысенко. – Минск: Беларуская навука, 2019. – 315 с.
2. ТКП 251-2010 (02080). Радиационный контроль. Отбор и подготовка проб лесной продукции. Порядок проведения = Радіяцыйны маніторынг ляснога фонда. Закладка пастаяннага пункта назірання. Парадак правядзення. – Минск: Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь. 2010. – 25 с.
3. Методика выполнения измерений объемной и удельной активности ^{90}Sr , ^{137}Cs и ^{40}K на гамма-бета-спектрометре типа МКС-АТ1315, объемной и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов ^{137}Cs и ^{40}K на гамма-спектрометре типа EL 1309 (МКГ-1309) в пищевых продуктах, питьевой воде, почве, сельскохозяйственном сырье и кормах, продукции лесного хозяйства, других объектах окружающей среды. МВИ.МН 1181-2011. – Минск: Атомтех. 2011. – 31 с.
4. Парфёнов, В. И. Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси / В. И. Парфенов, Б. И. Якушев, Б. С. Мартинович. – Минск : Навука і тэхніка, 1995. – 578 с.
5. Алексахин, А. В. Сельскохозяйственная радиоэкология / А. В. Алексахин [и др.] под ред. А. В. Алексахиной, Н. А. Корнеева. – Москва: Экология, 1991. – 396 с.
6. Ehlken, S. Environmental processes affecting plant root uptake of radioactive trace elements and variability of transfer factor data: a review / S. Ehlken, G. Kirchner // Journal of Environmental Radioactivity. – 2002. – Vol. 58, № 2-3. – P. 97–112.
7. Гончаров, Е. А. К вопросу об оценке влияния факторов внешней среды на накопление растениями техногенных радионуклидов / Е. А. Гончаров, М. А. Жирова // Международная научно-практическая конференция «Радиоэкология XXI века», сборник материалов [Электронный ресурс]. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2011. – Режим доступа http://conf.sfy-kras.ru/conf/radioecology-XXI/report?memb_id=1586. – Дата доступа: 10.01.2024.

8. Куликов, Н. В. Влияние режима почвенного увлажнения на переход стронция-90, цезия-137 и церия-144 из почвы в раствор / Н. В. Куликов, И. В. Молчанова, Е. Н. Караваева // Экология. – 1973. – № 4. – С. 57–62.

9. Никитин А. Н. Накопление ^{137}Cs в надземных органах пшеницы яровой на ювенильной стадии развития при непродолжительном изменении влажности почвы / Никитин А. Н. и [и др.] // Сахаровские чтения 2020 года: экологические проблемы XXI века: материалы 20-й международной научной конференции, 21-22 мая 2020 г., Минск Республика Беларусь. Минск: ИВЦ Минфина, 2020. – С. 365–369.

10. Шкляр, А. Х. Климатические ресурсы Белоруссии и использование их в сельском хозяйстве. – Минск: Вышэйш. школа, 1973. – 432 с.



УДК 574:539.1.04:539.163

ГОЛОВЕШКИН ВИКТОР ВИКТОРОВИЧ,

старший научный сотрудник отдела радиационно-экологического мониторинга,
Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение «Полесский
государственный радиационно-экологический заповедник», г. Хойники, Беларусь

ПРОБЛЕМА МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

В статье приведены результаты исследований основных закономерностей вертикальной миграции ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am в почвах зоны отчуждения Чернобыльской АЭС. Авторам описано распределение радионуклидов в почвенных профилях различных экосистем зоны отчуждения и рассчитаны параметры их миграции. Определено, что в верхнем 5-сантиметровом слое минеральной части почв сосредоточена основная доля ^{137}Cs и ^{241}Am , а в 10-сантиметровом слое ^{90}Sr . Общей закономерностью для всех почв пунктов наблюдения являлось полное отсутствие ^{241}Am в слоях почв глубже 30 см. Положение центров запаса радионуклидов в почвенных разрезах находилось на уровне 6,84 – 12,51 см – ^{137}Cs , 8,89 – 20,06 см – ^{90}Sr и 6,73 – 7,67 см – ^{241}Am . Наибольшая скорость смещения центра запаса отмечена для ^{90}Sr , затем в порядке снижения степени миграции следовал ^{137}Cs и ^{241}Am .

Ключевые слова: почва; пункт наблюдения; вертикальная миграция; радионуклиды; лесная подстилка; центр запаса.

GOLOVESHKIN VIKTOR VIKTOROVICH,

Senior Researcher of Department of Radiation-Ecological Monitoring, State Environmental Research
Institution "Polesye State Radiation-Ecological Reserve", Khoyniki, Belarus

THE PROBLEM OF MIGRATION OF RADIONUCLIDES IN THE SOILS OF THE EXCLUSION ZONE OF THE CHERNOBYL NPP

The article presents the results of studies of the main patterns of vertical migration of ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am in the soils of the exclusion zone of the Chernobyl nuclear power plant. The author described the distribution of radionuclides in the profiles of various ecosystems of exclusion zone and calculated the parameters of their migration. It has been determined that the major doses of ^{137}Cs and ^{241}Am in the upper 5 cm layer of the mineral part of soils, and ^{90}Sr is concentrated in the 10 cm layer. A general pattern for all soils at the observation points was the complete absence of ^{241}Am in the layers deeper than 30 cm. Radionuclide storage center in the soil section located at the level of 6.84 – 12.51 cm ^{137}Cs , at 8.89 – 20.06 cm – ^{90}Sr and 6.73 – 7.67 cm ^{241}Am . The highest rate of displacement of the storage center was noted for ^{90}Sr , followed by ^{137}Cs and ^{241}Am in descending order of migration.

Keywords: the soil; observation point; vertical migration; radionuclides; forest floor; storage center.

Наследием 20 века для современного человечества является загрязнение окружающей среды техногенными радионуклидами. В результате выпадений радионуклиды поступают на земную поверхность, аккумулируются в почве, включаются в биогеохимические циклы миграции и становятся новыми компонентами почвенного комплекса. Почва является наиболее важным инерционным звеном, и от скорости миграции радионуклидов в почве во многом зависят темпы их распространения по всей цепочке. Изучение миграции радионуклидов в почве позволяет оценить время нахождения радионуклидов в корнеобитаемом слое, скорость перемещения в грунтовые воды, изменение мощности экспозиционной дозы [1].

Под миграцией радионуклидов в почве понимают совокупность процессов, приводящих к перемещению или перераспределению их между различными фазами и слоями почвы в горизонтальном и вертикальном направлениях. Вертикальная миграция радионуклидов по профилю почв осуществляется под воздействием следующих процессов: конвективного переноса (фильтрации атмосферных осадков в глубь почвы за счет капиллярных потоков влаги в результате ее испарения); диффузии свободных и адсорбированных ионов; переноса радионуклидов по корневой системе растений; переноса на мигрирующих коллоидных частицах (лессиваж); переноса в результате деятельности почвенных животных и человека. Конвективный перенос и диффузия радионуклидов, как наиболее важные факторы миграции радионуклидов, тесно связаны с поглощением и прочностью их закрепления твердой фазой почвы. Конвективный перенос характерен для водорастворимой и, частично, обменной форм радионуклидов, диффузный перенос и перенос по корневым системам растений – для водорастворимой и обменной форм. Механический перенос на коллоидных частицах или передвижение в результате роющей деятельности почвенных животных характерны для всех форм радионуклидов.

Интенсивность и направленность миграции радионуклидов в почвах определяется совокупностью природных условий, таких как: геоморфологическое строение местности, физико-химические свойства почв, их генетическое строение, гидрологические и климатические условия, тип растительности, свойства самих радионуклидов, форм их поступления и нахождения в почвах [2-4].

Главной целью наших исследований являлось проведение анализа вертикальной миграции радионуклидов по профилю почв пунктов наблюдения, характеризующихся различной степенью увлажнения.

Исследования проводились на пяти пунктах наблюдения (ПН) Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, характеризующихся различной степенью увлажнения и уровнем радиоактивного загрязнения. Все полигоны расположены на территории зоны отчуждения на расстоянии 10-12 км от ЧАЭС. Географические координаты и высотное расположение пунктов наблюдения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Координаты пунктов наблюдения и их высотное расположение

Название объекта	Номер ПН	Географические координаты		Высотное расположение, м.
		С.Ш.	В.Д.	
Березовый лес	1	51°30,825′	030°01,294′	110
Черноольховый лес	2	51°31,165′	030°00,812′	111
Дубовый лес	3	51°30,644′	030°02,276′	108
Залежные земли	4	51°31,139′	030°01,44′	112
Сосновый лес	5	51°30,781′	030°01,140′	121

ПН-1 – березовый лес: расположен в закрытой ложбине, где в весенний период грунтовые воды находятся на уровне 15 см от поверхности почвы. Почва дерново-подзолистая с расположенным под подстилкой оторфованным гумусовым горизонтом (5-15 см), гидроморфная. Участок покрыт березовым лесом, средний возраст деревьев 40–50 лет. Мощность дозы γ -излучения на высоте 3 см – 1,94 мкЗв/час и на 1 м – 1,85 мкЗв/час.

ПН-2 – черноольховый лес: расположен на берегу ручья. На участке произрастает ольха, средний возраст деревьев 50–60 лет. Почва торфянисто-подзолисто-глеевая слабоподзоленная с оторфованным гумусовым горизонтом, гидроморфная. Мощность дозы γ -излучения на 3 см – 2,64 мкЗв/час и на 1 м – 1,60 мкЗв/час.

ПН-3 – дубовый лес: расположена на берегу искусственного затопления, образованного в результате перекрытия Погонянского канала. На участке произрастает дуб с примесью сосны, березы, осины, средний возраст деревьев 50–60 лет. Почва дерново-подзолистая глееватая песчаная слабоподзоленная, полугидроморфная. Мощность дозы γ -излучения на высоте 3 см – 3,75 мкЗв/час и на 1 м – 2,80 мкЗв/час.

ПН-4 – залежные земли: расположен на суходольном луге, который в доаварийный период использовался в качестве окультуренного пастбища. К настоящему времени под воздействием сукцессионных процессов здесь сформировался растительный покров, представленный многолетними корневищными рыхлокустовыми и плотнокустовыми злаками и разнотравьем. Почва дерново-подзолистая, супесчаная, слабооподзоленная, пахотная, автоморфная. Мощность дозы γ -излучения на 3 см – 3,00 мкЗв/час и на 1 м – 2,00 мкЗв/час.

ПН-5 – сосновый лес: на участке произрастает сосна, средний возраст деревьев 50–60 лет. Почва дерново-подзолистая, песчаная, автоморфная. Мощность дозы γ -излучения на высоте 3 см – 3,40 мкЗв/час и на 1 м – 2,20 мкЗв/час.

Отбор проб почвы проводился по почвенному разрезу послойно: верхний слой 0-10 см с интервалом 1 см, далее – с интервалом 5 см (10-30 см) и 10 см (30-100 см). Образцы подстилки отбирались по схеме 50х50 см. Образцы почвы отбирались на глубину 100 см.

В лабораторных условиях пробы подстилочного слоя, дернины и почвы высушивались при температуре 20-25 °С. По окончании пробоподготовки образцы помещались в сосуды «Маринелли» (объём 1 л), или "денты" (0,1 л) для последующего определения радионуклидов. Определение удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в пробах проводили инструментальным методом на γ - β -спектрометре "МКС-АТ1315" (Атомтех, Беларусь) с блоком детектирования для регистрации γ -излучения на основе сцинтилляционного кристалла NaI (TI) размерами Ø63 x 63 мм с погрешностью измерений не более 20 %. Для регистрации β -излучения использовался органический сцинтиллятор на основе полистирола, активированного паратерфинилом, размерами Ø128 x 9 мм [5]. Измерения ^{241}Am проводили на γ -спектрометре "Canberra" (Canberra Industries, Inc., USA) с детектором из особо чистого германия с композитным углеродным окном с регистрацией γ -излучения в диапазоне энергий 20 – 2000 кэВ с погрешностью не более 25 % [6].

Для оценки параметров вертикальной миграции радионуклидов в почвах использовался расчетный показатель центра запаса радионуклида, который рассчитывался по следующей формуле:

$$\text{Центр запаса радионуклида (см)} = \frac{\sum(A_i \times L_i)}{\sum(A_i)},$$

где: A_i – плотность загрязнения i -го слоя почвы (кБк/м²);

L_i – глубина залегания i -го слоя почвы от поверхности (см).

Математическая и статистическая обработка результатов исследования осуществлялась на персональном компьютере с помощью программы Microsoft Excel.

Перераспределение и круговорот радионуклидов в почвах покрытых лесом имеет свою специфику, которая обуславливается наличием лесной подстилки. Лесная подстилка – это органогенный слой почвы, состоящий из разлагающихся растительных и животных остатков. Лесная подстилка является своего рода биогеохимическим барьером на пути вертикальной миграции радионуклидов, и от ее удерживающей способности зависит содержание нуклидов в минеральной части почвы. В подстилке перемещение радиоактивных элементов вглубь почвенного профиля происходит, в основном, за счет ежегодного поступления на поверхность почвы относительно более чистого растительного опада, в то время как в минеральной толще только в результате протекания миграционных процессов [7, 8]. Исследования показали, что в настоящее время больше всего радионуклидов удерживается подстилкой соснового леса. Здесь сосредоточено до 13,7 % ^{137}Cs , 11,1 % ^{90}Sr и до 10,1 % ^{241}Am . Это объясняется тем, что в сосновых насаждениях формируется мощный слой подстилки (4,0 см), происходит медленная ее минерализация и очень небольшая часть радионуклидов мигрирует в верхние слои почвы.

Для лиственных лесов содержание радионуклидов в лесной подстилке составляло 2,4 – 2,7 %, 1,1 – 3,8 %, 1,3 – 2,6 % соответственно. Здесь подстилка слабо выражена и практически полностью состоит из свежего растительного опада, который довольно быстро перерабатывается почвенной биотой. В этих ценозах отмечается наиболее интенсивная миграция радионуклидов в минеральную толщу почв.

На залежных землях вся активность была сосредоточена в гумусово-подзолистом горизонте.

Максимальная плотность загрязнения радионуклидами минеральной части почв лесных фитоценозов наблюдалась в верхнем 0-1 сантиметровом слое: 8,6 – 24,9 % ^{137}Cs , 7,1 – 23,4 % ^{90}Sr и 13,8 – 26,8 % ^{241}Am . В почве залежных земель наибольшая плотность загрязнения находилась в слое 1-2 см: 17,0 % ^{137}Cs , 14,7 % ^{241}Am и 15,8 % ^{90}Sr .

В верхнем 5-сантиметровом слое минеральной части почвы была сосредоточена основная доля ^{137}Cs (41,0 – 65,3 %) и ^{241}Am (56,3 – 61,6 %), а в десятисантиметровом слое содержалось от 64,9 до 82,0 % ^{90}Sr .

В полугидроморфных и гидроморфных почвах в слое 10-15 см содержалось 3,8 – 6,1 % ^{137}Cs , 5,4 – 6,0 % ^{90}Sr , 3,9 – 4,5 % ^{241}Am . Для автоморфных почв эти данные составляли 2,1 – 4,8 %, 4,7 – 5,5 %, 4,6 – 5,4 % соответственно. В слой 15-20 см мигрировало в почвах с избыточным увлажнением до 3,7 % ^{137}Cs , 4,9 % ^{90}Sr , 4,3 % ^{241}Am . Для почв с автоморфным режимом увлажнения эти показатели имели значения 2,7 %, 4,2 и 3,8 % соответственно. В 20-25-сантиметровом слое полугидроморфных и гидроморфных почв биоценозов было сосредоточено 2,6 – 2,9 % ^{137}Cs , 3,3 – 4,6 % ^{90}Sr и 3,2 – 4,2 % ^{241}Am . Для автоморфных почв процентное содержание радионуклидов в данном почвенном слое было 1,2 – 2,4 %, 2,9 – 3,1 % и 2,8 – 3,0 % соответственно. В слое 25-30 см находилось до 2,4 % ^{137}Cs , 4,1 % ^{90}Sr и 3,5 % ^{241}Am .

Во всех почвах пунктов наблюдения в слой 30-100 см мигрировало не более 8,2 % ^{137}Cs и 12,9 %, ^{90}Sr . ^{241}Am в этих слоях почвы не обнаружен.

Результаты оценки центров запаса радионуклидов в почвах пунктов наблюдения представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Глубина проникновения 50 % запаса радионуклидов в почвах пунктов наблюдения в 2023 году

Название объекта	Глубина слоя, см		
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{241}Am
Березовый лес	12,51	20,06	7,67
Черноольховый лес	9,58	15,08	7,54
Дубовый лес	8,68	10,83	7,19
Залежные земли	6,84	9,31	6,76
Сосновый лес	7,64	8,89	6,73

В автоморфных почвах (сосновый лес, залежные земли) максимум концентрации ^{137}Cs находился на глубинах 6,84 – 7,64 см, а в полугидроморфных и гидроморфных почвах на глубине 8,68 см и 9,58 – 12,51 см соответственно. Большей подвижностью обладал ^{90}Sr , что усиливалось в

условиях избыточного увлажнения почв. Глубина проникновения 50 % ^{90}Sr в почвах с избыточным увлажнением составляла 10,83 – 20,06 см, а в автоморфных почвах 8,89 – 9,31 см.

Положение центров запаса ^{241}Am мало зависело от условий увлажнения и находилось в пределах 6,73 – 7,67 см.

В таблице 3 представлены данные по скорости вертикальной миграции радионуклидов (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am) по профилю почв пунктов наблюдения в 2023 году.

Таблица 3 – Скорость вертикальной миграции радионуклидов (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am) по профилю почв, см/год

Название объекта	Скорость миграции, см/год		
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{241}Am
Березовый лес	0,54	0,75	0,36
Черноольховый лес	0,57	0,71	0,40
Дубовый лес	0,43	0,60	0,34
Залежные земли	0,31	0,45	0,24
Сосновый лес	0,35	0,48	0,26

Подвижность радионуклидов возрастала с увеличением степени гидроморфности почв: автоморфные < полугидроморфные < гидроморфные. Данное обстоятельство связано с рядом моментов. Во-первых, при повышенной влажности большее количество радионуклидов находится в почвенной влаге. Во-вторых, гидроморфные почвы характеризуются образованием торфянистых слоев. В них происходит слабая сорбция радионуклидов твердым веществом почвы [9]. Скорость миграции медианного содержания ^{137}Cs составила для автоморфных почв 0,31 – 0,35 см/год, для полугидроморфных – 0,43 см/год и гидроморфных почв 0,54 – 0,57 см/год. Следует отметить, что скорость вертикальной миграции ^{90}Sr в 1,2 – 1,5 раз превышала скорость миграции ^{137}Cs и составляла 0,45 – 0,48 см/год, 0,60 и 0,71 – 0,75 см/год соответственно.

^{241}Am обладал более низкими мобильными свойствами и высокой способностью образовывать комплексы с веществами почвенного комплекса. Скорость миграции ^{241}Am находилась на уровне 0,24 – 0,26 см/год, 0,34 и 0,36 – 0,40 см/год соответственно. В дальнейшем также необходимо учитывать

постоянное увеличение со временем содержания ^{241}Am в почве вследствие физического распада ^{241}Pu , что может отразиться на характеристиках вертикального распределения.

Таким образом, в ходе выполненного анализа вертикального распределения радионуклидов в почвах было установлено, что наиболее интенсивно проникал вглубь по профилю почв ^{90}Sr (0,45 – 0,75 см/год), затем в порядке снижения степени миграции следовал ^{137}Cs (0,31 – 0,57 см/год) и ^{241}Am (0,24 – 0,40 см/год). Определили что, в органогенном слое лесных почв было сосредоточено 2,4 – 13,7 % ^{137}Cs , 1,1 – 11,1 % ^{90}Sr и 1,3 – 10,1 % ^{241}Am . В дернине залежных земель находилось до 4,5 % ^{137}Cs , 2,0 % ^{90}Sr и 1,6 % ^{241}Am . Максимальное содержание радионуклидов в минеральной части почв лесных биогеоценозов наблюдалось в верхнем слое 0 – 1 см. В почве залежных земель наибольшая плотность загрязнения отмечалась в слое 1 – 2 см. Общей закономерностью для всех типов почв являлось полное отсутствие ^{241}Am в слоях глубже 30 см.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Обеснюк, В.Ф. Особенности моделирования вертикального переноса стронция-90 / В.Ф. Обеснюк // Дни науки – 2017: материалы XVII всероссийской науч.-практ. конф., Озерск, 20-22 апреля 2017 г. / ОТИ НИЯУ МИФИ – Озерск, 2017. – С 193-196.
2. Батурин, В.А. Вертикальная миграция радионуклидов в почве восточно-уральского радиоактивного следа и ее влияние на интенсивность исходящего излучения / В.А. Батурин // Атомная энергия. – 1997. – Т. 82. №.1. С.17 – 20.
3. Кивва, С.Л. К вопросу моделирования процесса вертикальной миграции радионуклидов в почвогрунтах / С.Л. Кивва // Чернобыль – 92: сб. докладов / ПО «Комбинат» Мин-во атомной энергетики СССР; редкол.: Е.И. Игнатенко [и др.]. – Москва, 1993. – Т. 1. – С. 547.
4. Паницкий, А. В. Особенности вертикального распределения радионуклидов в почвах бывшего семипалатинского испытательного полигона / А. В. Паницкий, С. Н. Лукашенко, Р. Ю. Магашева // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10. – С. 2231–2236.
5. МВИ.МН 1181-2011. Методика измерений объемной и удельной активности ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{40}K на гамма-бета-спектрометре типа МКС-АТ1315, объемной и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов ^{137}Cs , ^{40}K на гамма-спектрометре типа EL 1309 (МКГ-1309) в пищевых продуктах, питьевой воде, почве, сельскохозяйственном сырье и кормах, продукции лесного хозяйства, других объектах окружающей среды. – Минск: «Атомтех», 2011. – 31 с.

6. МВИ.МН 3151-2009. Методика выполнения измерений удельной активности гамма-излучающих радионуклидов ^{137}Cs и ^{241}Am в почве, донных отложениях и других объектах окружающей среды на гамма-спектрометрах с полупроводниковыми детекторами с бериллиевым или композитным углеродным окном. – Хойники: «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник», 2009. – 14 с.
7. Лес. Человек. Чернобыль. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС: состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации / В.А. Ипатьев, В.Ф. Багинский, И.М. Булавик и др. // Под общ. ред. В.А. Ипатьева. – Гомель: Институт леса НАН Беларуси, 1999. – 454 с.
8. Преволоцкий А.Н. Распределение ^{137}Cs и ^{90}Sr в лесных биогеоценозах. – Гомель: РНИУП «Институт радиологии», 2006. – 255 с.
9. Преволоцкий, А.Н. Основы ведения лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения: конспект лекций / А.Н. Преволоцкий, И.М. Булавик. – Мн.: Белгослес, 2003. – 143 с.

УДК 592.597:591.911(476.2)

НАДИНА НАТАЛЬЯ ГЕННАДЬЕВНА,

научный сотрудник отдела экологии фауны, государственного природоохранного научно-исследовательского учреждения «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник», г. Хойники, Беларусь

ДИНАМИКА ЗАРАЖЕННОСТИ ГЕЛЬМИНТАМИ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ РЫБ НА ТЕРРИТОРИИ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ

Приводятся данные о зараженности гельминтами чужеродных видов рыб представителями основных таксонов гельминтов на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника. В настоящее время у обследованных чужеродных видов рыб семейства Gobiidae, семейства Odontobutidae зарегистрировано 12 вида гельминтов из 10 родов, 8 семейств, 6 отрядов, 5 классов, 3 типов. Общая средняя динамика зараженности гельминтами чужеродных видов рыб сем. Gobiidae составила – 1,4%, для рыб сем. Odontobutidae – 2,2%.

Ключевые слова: зараженность; гельминты; чужеродный вид; экстенсивность инвазии.

NADINA NATALYA GENNADIEVNA,

Researcher, Department of Fauna Ecology, State Environmental Research Institution "Polesye State Radiation-Ecological Reserve", Khoyniki, Belarus

DYNAMICS OF HELMINTH INFECTION OF ALIEN FISH SPECIES IN THE TERRITORY OF THE EXCLUSION ZONE

Data are provided on helminth infestation of alien fish species by representatives of the main helminth taxa on the territory of the Polesie State Radiation-Ecological Reserve. Currently, 12 species of helminths from 10 genera, 8 families, 6 orders, 5 classes, 3 types have been registered in the examined alien fish species of the family Gobiidae and family Odontobutidae. General average dynamics of helminth infestation of alien fish species of the family Gobiidae amounted to 1.4%, for fish of the family Odontobutidae – 2.2%.

Key words: infestation; helminthes; alien species; extensiveness of invasion.

Введение. Вселение чужеродных видов в экосистемы рассматривается в наше время как биологическое загрязнение и представляет большую опасность, поскольку такие организмы, если условия окажутся для них благоприятными, могут размножаться и вступать в конкуренцию с коренными видами, в конечном итоге перестраивая всю сложившуюся в биотопе иерархию отношений [1].

Река Припять (бассейн Черного моря), соединенная Днепровско-Бугским каналом с р. Мухавец (бассейн Балтийского моря), является основным звеном т.н. «Центрального инвазионного коридора»,

способствующего дальнейшему распространению понто-каспийских видов гидробионтов в бассейны Балтийского и Северного морей. Территория Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, (далее – (ПГРЭЗ) является коридором для проникновения чужеродных для Беларуси видов животных. Следует отметить, что чужеродные виды животных, появившиеся на территории заповедника, являются хозяевами для гельминтов разных типов. Вселение чужеродных видов способно оказывать разноплановое негативное воздействие в реципиентных экосистемах и экологические последствия появления их в водоемах могут носить весьма неблагоприятный характер для аборигенной ихтиофауны.

Вселение чужеродных видов в водные экосистемы представляет большую опасность, поскольку такие организмы, если условия окажутся для них подходящими, могут размножаться и вступать в конкуренцию с коренными видами. Их появление может негативно повлиять на биологическое разнообразие, структуру функционирования водных экосистем, а их гельминтофауна может способствовать росту некоторых паразитарных заболеваний, приводящих к массовой гибели представителей нативной фауны.

Основная часть. Материалом для гельминтологического исследования послужили чужеродные виды рыб, отловленные на территории ПГРЭЗ за период 2020-2023 гг. Всего обследовано 751 особь чужеродных видов рыб: сем. Gobiidae (бычок-песочник *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814) – 166 экз., бычок-гонец *Babka gymnotrachelus* (Kessler, 1857) – 82 экз., западный тупоносый бычок *Proterorhinus semilunaris* (Heckel, 1837) – 188 экз.) и сем. Odontobutidae (ротан-головешка *Percottus glenii* (Dybowski, 1877) – 315 экз.).

Отлов рыб осуществлялся неводом мальковым, гидробиологическим подсачеком, а также ставились раколовки-зонты на глубине 0,2-1,5 метра, по общепринятым методикам [2]. Идентификация видовой принадлежности рыб проведена по соответствующим определителям [3]. Сбор, фиксация, обработка, идентификация, полное гельминтологическое исследование рыб проведено по стандартным методикам [4,5,6,7]. Таксономическая структура зарегистрированных видов гельминтов рыб приведена по Каталогу [8]. Степень зараженности животных гельминтами оценивалась по экстенсивности инвазии [9].

В количественном соотношении за весь период исследований 41,9% от общей выборки рыб представлено видом *P. glenii*, далее выборка численности видов рыб *P. semilunaris* (25,0%) и *N.*

fluviatilis (22,1%) оказалась практически на одном уровне, менее всего представлена численность вида *B. gymnotrachelus* (10,9%).

В настоящее время у обследованных чужеродных видов рыб сем. Gobiidae и сем. Odontobutidae зарегистрировано 12 видов гельминтов (таблица 1) из 10 родов, 8 семейств, 6 отрядов, 5 классов, 3 типов.

Таблица 1 – Видовое разнообразие зарегистрированных гельминтов чужеродных видов рыб

Вид гельминта	Род
Тип Acanthocephala Rudolphi, 1808	
Класс Palaeacanthocephala Meyer, 1931	
Отряд Echinorhynchida Southwell et Macfie, 1925	
Семейство Arhythmacanthidae Yamaguti, 1935	
<i>Acanthocephalus angullae</i> (Müller, 1780)	<i>Acanthocephalus</i> Koelreuter, 1771
<i>Acanthocephalus lucii</i> (Müller, 1776)	
Тип Nematoda Rudolphi, 1808	
Класс Adenophorea Linstov, 1905	
Отряд Enoplida Filipjev, 1929	
Семейство Dioctophymatoidae Railliet, 1915	
<i>Eustrongylides excisus</i> (Jagerskiold, 1909)	<i>Dioctophymatoides</i> Railliet, 1915
Класс Secernentea Linstow, 1905	
Отряд Spirurida Chitwood, 1933	
Семейство Camallanidae Raillet et Henry, 1915	
<i>Camallanus lacustris</i> (Zoega, 1776)	<i>Camallanus</i> Raillet et Henry, 1915
Семейство Desmidocercidae Cram, 1927	
<i>Desmidocercella numidica</i> (Seurat, 1920)	<i>Desmidocercella</i> Yorke et Maplestone, 1926
<i>Nematode gen. sp. larvae</i>	
Тип Plathelminthes Gegenbaur, 1859	
Класс Cestoda Rudolphi, 1808	

Отряд Caryophyllaeidae Beneden in Olsson, 1893	
Семейство Caryophyllaeidae Leuckart, 1878	
<i>Caryophyllidae</i> sp.	<i>Caryophyllaeus</i> Gmelin, 1790
Класс Trematoda Rudolphi, 1808	
Отряд Strigeida La Rue, 1926	
Семейство Cyathocotylidae Muhling, 1898	
<i>Holostephanus dudinini</i> (Vojtek & Vojtkova, 1968)	<i>Holostephanus</i> Szidat, 1936
<i>Paracoenogonimus ovatus</i> (Katsurada, 1914)	<i>Paracoenogonimus</i> Katsurada, 1914
Семейство Strigeidae Railliet, 1919	
<i>Apatemon</i> sp.	<i>Apatemon</i> Szidat, 1928
Отряд Plagiorchiida La Rue, 1957	
Семейство Opisthorchiidae Braun, 1901	
<i>Metorchis xanthosomus</i> (Creplin, 1846)	<i>Metorchis</i> Loos, 1899
Семейство Heterophyidae Leiper, 1909	
<i>Apophallus muhlingi</i> (Jagerskiold, 1899)	<i>Apophallus</i> Luhe, 1909

В настоящее время у рыб сем. Gobiidae отмечено 6 видов гельминтов. У *N. fluviatilis* зарегистрировано 3 вида гельминтов – два вида трематод (*Holostephanus dudinini*, *Apatemon* sp.) на стадии метацеркарии и один вид скребня (*Acanthocephalus angullae*), зараженность которыми находилась в интервале от 0,2% до 0,5%. У *B. gymnotrachelus* зарегистрировано два вида гельминтов – один вид нематод (*Camallanus lacustris*) в половозрелой стадии и один вид трематод (*Paracoenogonimus ovatus*) на стадии метацеркарии, зараженность ими была в диапазоне от 0,2% до 0,7%. У *P. semilunaris* отмечено три вида гельминтов – два вида трематод (*Paracoenogonimus ovatus*, *Apophallus muhlingi*) на метацеркарной стадии и один вид скребня (*Acanthocephalus angullae*), зараженность ими была в интервале от 0,2% до 0,7%. Наиболее часто у рыб сем. Gobiidae регистрировались трематоды.

На рисунке 1 представлены данные по динамике общей зараженности рыб сем. Gobiidae представителями отдельных таксонов гельминтов.

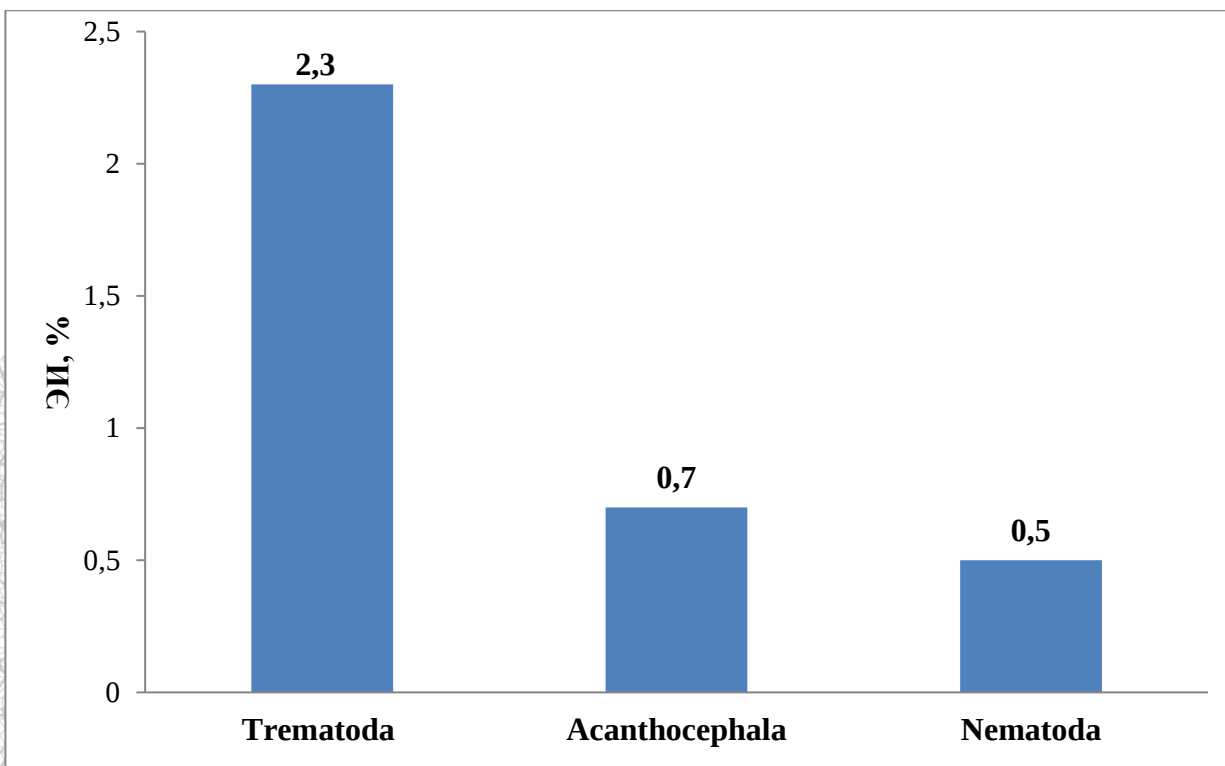


Рисунок 1 – Динамика общей зараженности рыб сем. Gobiidae представителями основных таксонов гельминтов

Установлено что, у всех обследованных рыб сем. Gobiidae динамика общей зараженности трематодами имеет максимальное значение и составляет 2,3%, данный показатель для нематод составил – 0,7%, для скребней – 0,5%.

На рисунке 2 представлены данные по динамике зараженности исследованных видов рыб сем. Gobiidae представителями основных таксонов гельминтов за весь период исследований. Трематоды были единственной группой гельминтов, которая отмечалась у всех представителей сем. Gobiidae на протяжении всего периода исследования. Наименьшая экстенсивность инвазии отмечена у *P. semilunaris* (1,6%), максимально (3,7%) трематодами заражен *N. fluviatilis*.

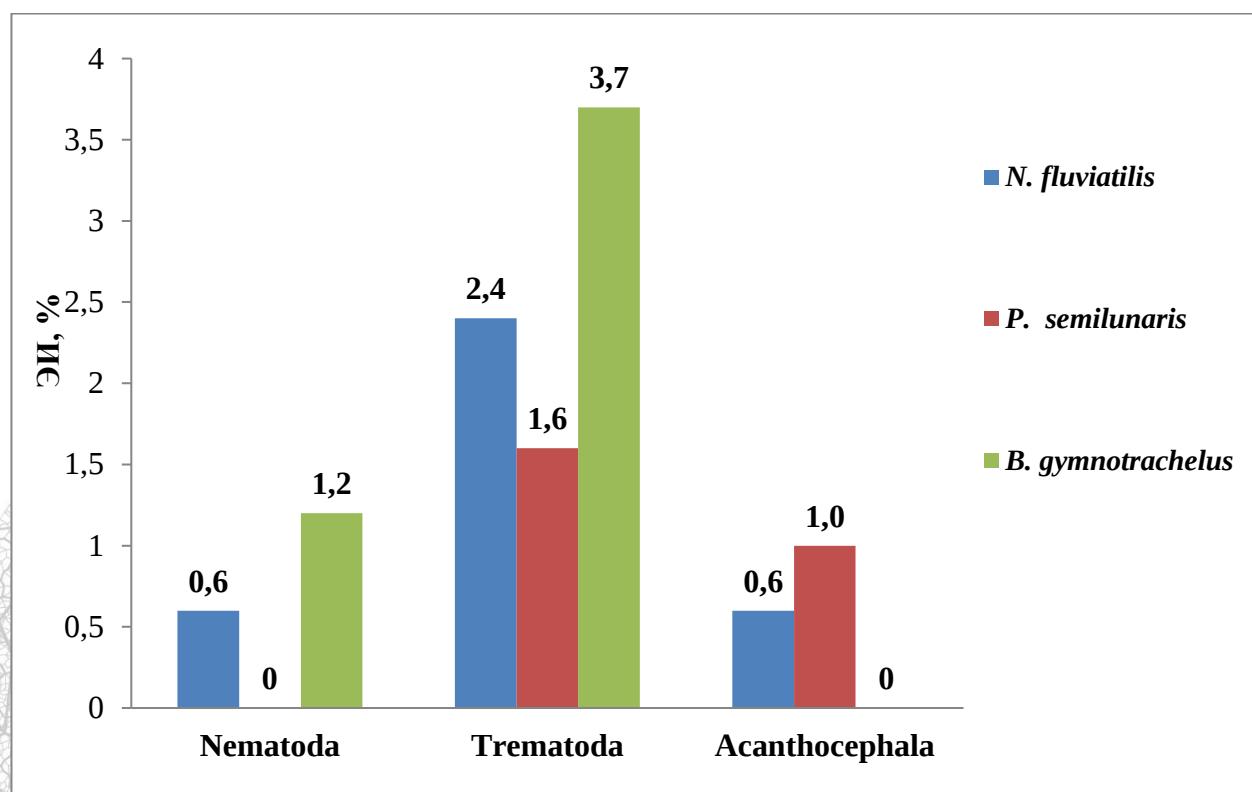


Рисунок 2 – Динамика зараженности определенных видов рыб сем. Gobiidae представителями основных таксонов гельминтов

Таким образом, у бычков *N. fluviatilis* отмечены представители трех зарегистрированных таксонов гельминтов – нематоды, трематоды и скребни. У остальных бычков выявлено только по два таксона: у *P. semilunaris* – трематоды и скребни, а у *B. gymnotrachelus* – нематоды и трематоды. Минимальная зараженность гельминтами отмечена у рыб *N. fluviatilis* (0,6%), максимальная у рыб *B. gymnotrachelus* (3,7%).

В настоящее время у рыб сем. Odontobutidae *P. glenii* зарегистрировано 7 видов гельминтов: 4 вида нематод (*Eustrongylides excises*, *Camallanus lacustris*, *Desmidocercella numidica*, *Nematode gen. sp. larvae*), из которых три вида на личиночной стадии; цестода *Caryophyllidae sp.*, трематода *Metorchis xanthosomus* (на стадии метацеркарии), а также скребень *Acanthocephalus lucii*.

Показатели зараженности отдельными видами гельминтов у ротана-головешки не превышали 1%. Максимальное видовое разнообразие гельминтов представлено нематодами (57,1%). На рисунке 3 представлена динамика общей зараженности рыб сем. Odontobutidae *P. glenii* обнаруженными представителями основных таксонов гельминтов.

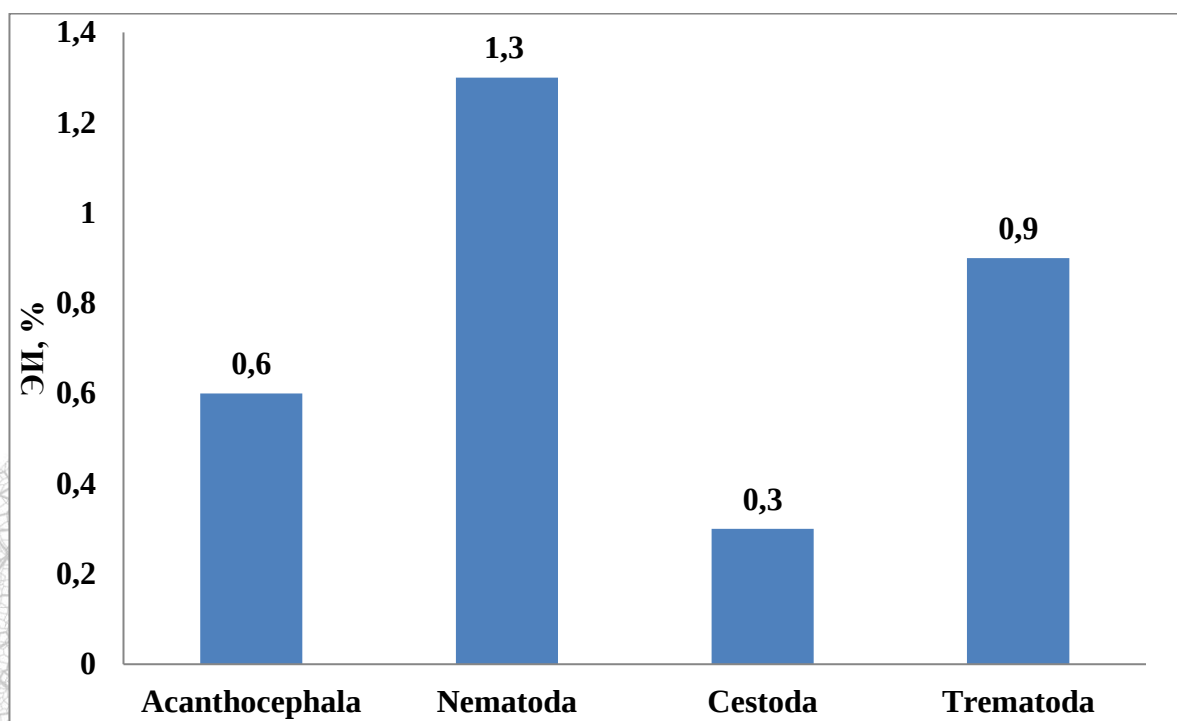


Рисунок 3 – Динамика зараженности рыб семейства *Odontobutidae* представителями основных таксонов гельминтов

Установлено, что максимальная зараженность представлена нематодами – 1,3 %, для остальных зарегистрированных представителей основных таксонов данный показатель составил меньше 1 %.

Заключение. Таким образом, за весь период исследования наиболее часто у рыб сем. *Gobiidae* регистрировались трематоды, у рыб сем. *Odontobutidae* – нематоды. Динамика общей зараженности гельминтами у представителей чужеродных видов рыб сем. *Gobiidae* составила – 1,4%, у рыб сем. *Odontobutidae* – 2,2%. Максимальное значение общей зараженности гельминтами рыб сем. *Gobiidae* отмечено для трематод – 2,3%, для нематод, цестод и скребней данный показатель составил меньше 1 %. Максимальные показатели зараженности у рыб сем. *Odontobutidae* отмечены для нематод, зараженность остальными зарегистрированными представителями основных таксонов гельминтов не превышала 1%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

3. Колонин, Г.В. Биологическое загрязнение / Г.В. Колонин, С.М. Герасимов, В.Н. Морозов // Экология. № 2, 1992. – С. 89–94.
4. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб / И. Ф. Правдин – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 374 с.
5. Григорчик, А.П. Определитель рыб семейства Бычковые Gobiidae водоемов Беларуси / А. П. Григорчик, В.К. Ризевский, И.А. Ермолаева // Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам. – Минск : Право и экономика, 2016. – 27 с.
6. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР: в 3 т. / редкол.: О.А. Скарлато (гл.ред.) [и др.]. – Л.: Наука. – Т.3: Паразитические многоклеточные (вторая часть) / О.Н. Бауэр [и др.]. – 1987. – 583 с.
7. Догель, В.А. Курс общей паразитологии: науч. изд. / В.А.Догель; под ред. А.Л.Стрелкова. – Ленинград: Государственное учебно-педагогическое издательство министерства просвещения РСФСР, 1947. – 371 с.
8. Быховская - Павловская, Е.И. Паразиты рыб. Руководство по изучению: Методы зоологических исследований / И.Е. Быховская – Павловская. – Л.: Наука, 1996. – 123 с.
9. Судариков, В.Е. Паразиты гидробионтов России / В.Е. Судариков, А.А. Шигин, Ю.В. Курочкин. – М.: Наука, 2002. – 298 с.
10. Гельминты позвоночных животных и человека на территории Беларуси : каталог / Е.И. Бычкова [и др.] ; Нац. Акад. наук Беларуси, Науч.-практ. цент по биоресурсам. – Минск : Беларуская навука, 2017. – 316 с.
11. Ромашов, Б.В. Методика гельминтологических исследований позвоночных животных: учебное пособие / Б.В. Ромашов, Л.Н. Хицова, Е.И. Труфанова, Н.В. Ромашова // Воронеж, 2003. – 35 с.

УДК 539.1.047

НЕНАШЕВ РОМАН АЛЕКСЕЕВИЧ,
старший научный сотрудник
БЕЛАШ ВИКТОР ЕВГЕНЬЕВИЧ,
специалист первой категории

Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение "Полесский государственный радиационно-экологический заповедник"; Хойники; Республика Беларусь

ВЛИЯНИЕ ЛАНДШАФТНЫХ И ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА РАДИАЦИОННУЮ ОБСТАНОВКУ В БЕЛОРУССКОМ СЕКТОРЕ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

По данным многолетней динамики мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (МД) рассчитаны периоды полуснижения МД для различных типов ландшафтов Белорусского Полесья. Установлено, что самое быстрое снижение МД происходит на открытых, безлесных участках ландшафта (залежные земли). Анализ связи МД с коэффициентом увлажнения территории выявил обратную корреляционную связь между этими параметрами.

Ключевые слова: радионуклиды; радиоактивное загрязнение; мощность эквивалентной дозы; мониторинг; почва; ландшафт; климат; зона отчуждения

NENASHEV ROMAN ALEKSEEVICH,
Senior Researcher
BELASH VICTOR EVGENYEVICH,
Specialist

State Environmental Research Institution "Polesye State Radiation-Ecological Reserve", Khoyniki, Belarus

INFLUENCE OF LANDSCAPE AND WEATHER CONDITIONS ON THE RADIATION BACKGROUND IN THE BELARUSIAN SECTOR OF THE EXCLUSION ZONE OF THE CHERNOBYL NPP

Based on data from long-term dynamics of gamma-radiation dose rate, the ecological periods of dose rate half-life were calculated for various types of landscapes of the Belarusian Polesie. It has been established that the most rapid decrease of dose rate occurs in treeless areas of the landscape (fallow lands). Analysis of the relationship between dose rate and the moisture coefficient revealed a statistically significant inverse correlation between these parameters.

Keywords: radionuclides; radioactive contamination; dose rate; monitoring; soil; landscape; climate; exclusion zone

Мониторинг загрязненных радионуклидами территорий в различных природных комплексах является неотъемлемой частью анализа текущей радиоэкологической ситуации и ее прогнозной оценки. При этом важнейшим этапом мониторинга является определение мощности эквивалентной дозы γ -излучения (МД), которая характеризует в целом силу влияния на экосистему радиационного фактора, вызывающего опасные радиобиологические эффекты в организме растений, животных, человека. Известно, что интенсивность МД в зоне отчуждения ЧАЭС закономерно снижается по мере уменьшения суммарной плотности радиоактивного загрязнения γ -излучающими радионуклидами. В настоящее время в формирование радиационного фона γ -излучения вносит распад ^{137}Cs . Второй компонентой, определяющей динамику мощности дозы, является скорость ее снижения за счет экологических (природных и антропогенных) процессов, к которым можно отнести вымывание радионуклидов из верхних слоев почвы, их миграцию из лесной подстилки вглубь почвенного профиля, вследствие чего происходит экранирование излучения верхними слоями почвы и почвенной влаги и т.д. Динамика данной компоненты характеризуется «экологическим периодом полуснижения» [1]. В зависимости от ландшафта и метеоусловий скорость и интенсивность этих процессов могут существенно варьировать [2]. Исходя из вышеизложенного целью исследований являлся анализ сезонной и многолетней динамики мощности дозы γ -излучения в различных биогеоценозах зоны отчуждения Чернобыльской АЭС в условиях изменения климатических характеристик.

Наблюдения за динамикой МД проводились в окрестностях б.н.п. Масаны, (Хойникский участок Полесского государственного радиационно-экологического заповедника) с использованием сети реперных пунктов (Rp), расположенных вдоль горизонтального экологического профиля, пересекающего наиболее типичные для белорусского Полесья ландшафты. Измерения МД на реперных пунктах проводились с частотой один раз в 10 дней на высоте 1 м над поверхностью почвы с помощью дозиметра-радиометра МКС-АТ 1125 (АТОМТЕХ, РБ) согласно методике [3]. Эколого-географическая характеристика и данные по плотности радиоактивного загрязнения ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{241}Am почв реперных пунктов представлены в таблицах 1 и 2. Выявлено отсутствие статистически значимых различий (на уровне значимости 0,05) в загрязнении почвы ^{137}Cs и ^{241}Am для всех реперных точек, за исключением Rp-2, где проводились дезактивационные работы. Однако в отношении содержания ^{90}Sr в почвах имеются достоверные различия (на уровне значимости 0,05) между отдельными реперными пунктами. Так, высоким и схожим уровнем загрязнения характеризуются почвы на реперных пунктах Rp-10 (Низкая пойма), Rp-1 (Залежь), Rp-5 (Березняк), Rp-7 (Вершина холма), Rp-11 (Низкий берег), Rp-12

(Высокий берег). Содержание ^{90}Sr в почве здесь варьирует в пределах 391-1462 кБк/м². Напротив, реперные точки Rp-4 (Метеоплощадка), Rp-6 (Сосняк), Rp-8 (Склон холма), Rp9 (Высокая пойма) относятся к группе со сравнительно небольшим загрязнением, зафиксированные минимум и максимум содержания ^{90}Sr составляют 24 – 388 кБк/м². В целом, для ^{90}Sr в почвах свойственен высокий градиент плотности загрязнения. Так, по нашим данным, коэффициент вариации для ^{90}Sr составляет 69%, тогда как для ^{137}Cs и ^{241}Am этот параметр не превышает 26%.

Таблица 1 - Характеристика постоянных пунктов наблюдений

Номер реперной точки	Название объекта	Географические координаты	Высота над уровнем моря, м	Тип почв
Rp-1	Залежь	51°31,134' с.ш. 30°01,045' в.д.	112	дерново-подзолистая, супесчаная, слабоподзоленная, пахотная
Rp-2	Санитарно-защитная зона станции Масаны	51°30,510' с.ш. 30°01,370' в.д.	113	дерново-подзолистая, супесчаная, слабоподзоленная, пахотная
Rp-3	Дом для проживания персонала	—	—	—
Rp-4	Метеоплощадка станции Масаны	51°30,563' с.ш. 30°01,381' в.д.	114	дерново-подзолистая, супесчаная, слабоподзоленная, пахотная
Rp-5	Берёзовый лес	51°30,821' с.ш. 30°01,285' в.д.	110	дерново-подзолистая, среднеподзоленная с оторфованным гумусовым горизонтом
Rp-6	Сосновый лес	51°30,794' с.ш. 30°01,191' в.д.	114	дерново-подзолистая оглеенная, песчаная слабоподзоленная
Rp-7	Вершина холма (Ясева гора)	51°30,735' с.ш. 30°01,092' в.д.	128	дерново-подзолистая, супесчаная, слабоподзоленная, старопашотная

Rp-8	Склон холма (склон Ясевой горы)	51°30,705' с.ш. 30°01,105' в.д.	120	дерново-подзолистая, песчаная, слабооподзоленная,
Rp-9	Высокая пойма	51°30,617' с.ш. 30°01,077' в.д.	112	дерново-подзолистая, супесчаная, слабооподзоленная, старопахотная
Rp-10	Низкая пойма	51°30,459' с.ш. 30°01,043' в.д.	110	торфянисто-глеевая
Rp-11	Урез воды озера Персток	51°30,331' с.ш. 30°00,902' в.д.	108	аллювиальная дерновая
Rp-12	Высокий берег озера Персток	51°30,340' с.ш. 30°00,926' в.д.	110	дерново-подзолистая, супесчаная, слабооподзоленная, старопахотная

При этом содержание ^{137}Cs и ^{241}Am в почве варьирует синхронно, значение коэффициента корреляции для пары ^{137}Cs и ^{241}Am составляет 0,88. Загрязнение почв ^{90}Sr не имеет тесной связи с ^{137}Cs и ^{241}Am , коэффициенты корреляции в этом случае составляют 0,27 и 0,41 для пар ^{90}Sr - ^{137}Cs и ^{90}Sr - ^{241}Am соответственно.

Такое варьирование величин плотности загрязнения разными радионуклидами указывает как на различия в формах первоначальных чернобыльских выпадений, так и на разнотипные механизмы миграции радионуклидов в почвах в зависимости от их физико-химических свойств.

Таблица 2 – Плотность радиоактивного загрязнения ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{241}Am почв на реперных пунктах

Номер реперного пункта	Плотность радиоактивного загрязнения, кБк/м ² / Ки/км ²		
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{241}Am
Rp-1	<u>2549±679</u>	<u>644,8±183,1</u>	<u>55,6±8,1</u>
	68,90±18,35	17,43±4,95	1,50±0,22
Rp-2	<u>298±16</u>	<u>99,9±12,2</u>	<u>6,8±0,8</u>
	8,06±0,44	2,70±0,33	0,18±0,02
Rp-4	<u>1904±263</u>	<u>35,9±13,4</u>	<u>39,6±9,0</u>
	51,45±7,12	0,97±0,36	1,07±0,24

Rp-5	$\frac{1559 \pm 62}{42,15 \pm 1,66}$	$\frac{774,3 \pm 116,4}{20,93 \pm 3,15}$	$\frac{47,3 \pm 3,5}{1,28 \pm 0,10}$
Rp-6	$\frac{1738 \pm 189}{46,97 \pm 5,10}$	$\frac{348,5 \pm 23,9}{9,42 \pm 0,65}$	$\frac{38,3 \pm 9,4}{1,03 \pm 0,25}$
Rp-7	$\frac{1661 \pm 280}{44,89 \pm 7,57}$	$\frac{625,0 \pm 61,6}{16,89 \pm 1,66}$	$\frac{36,1 \pm 8,5}{0,97 \pm 0,23}$
Rp-8	$\frac{1980 \pm 485}{53,53 \pm 13,10}$	$\frac{116,2 \pm 9,9}{3,14 \pm 0,27}$	$\frac{42,3 \pm 6,9}{1,14 \pm 0,19}$
Rp-9	$\frac{2315 \pm 41}{62,56 \pm 1,10}$	$\frac{170,4 \pm 44,6}{4,61 \pm 1,21}$	$\frac{43,1 \pm 3,9}{1,16 \pm 0,11}$
Rp-10	$\frac{2123 \pm 57}{57,39 \pm 1,54}$	$\frac{1158,7 \pm 253,7}{31,32 \pm 6,86}$	$\frac{46,0 \pm 7,2}{1,24 \pm 0,19}$
Rp-11	$\frac{1749 \pm 351}{47,28 \pm 9,48}$	$\frac{640,3 \pm 79,9}{17,30 \pm 2,16}$	$\frac{36,2 \pm 4,9}{0,98 \pm 0,13}$
Rp-12	$\frac{2079 \pm 427}{56,19 \pm 11,55}$	$\frac{770,7 \pm 42,8}{20,83 \pm 1,16}$	$\frac{43,6 \pm 7,5}{1,18 \pm 0,20}$

Сопоставление величин плотности радиоактивного загрязнения почв ^{137}Cs , ^{241}Am и значений МД гамма-излучения на пунктах реперной сети выявило достоверную положительную (на уровне значимости 0,01) степень связи этих показателей. Величина коэффициента корреляции в этом случае составила 0,54 и 0,47 для ^{137}Cs и ^{241}Am соответственно.

Многолетние наблюдения за величиной МД на пунктах реперной сети показали, что происходит закономерное снижение показателя с течением времени в соответствии с экспоненциальным законом (рисунок 1), но скорость снижения заметно отличается на разных типах ландшафтов. Наиболее быстро МД снижается на Rp-1 (залежь). Очевидно, резкое снижение МД на залежи, как в экосистеме с полным отсутствием лесной подстилки, обусловлено естественными процессами миграции, вымывания радионуклидов с дождевым стоком в минеральные слои в значительно больших количествах, по сравнению с лесными территориями. Возможно, определенную роль сыграло хозяйственное использование этой территории до аварии на ЧАЭС. По сравнению с открытой местностью, достаточно

низкими темпами снижения МД характеризуются участки, покрытые лесом. В целом, лесные фитоценозы остаются основными аккумуляторами радиоактивных элементов, что связано с их удержанием процессами резорбции корневой системой и микробиотой.

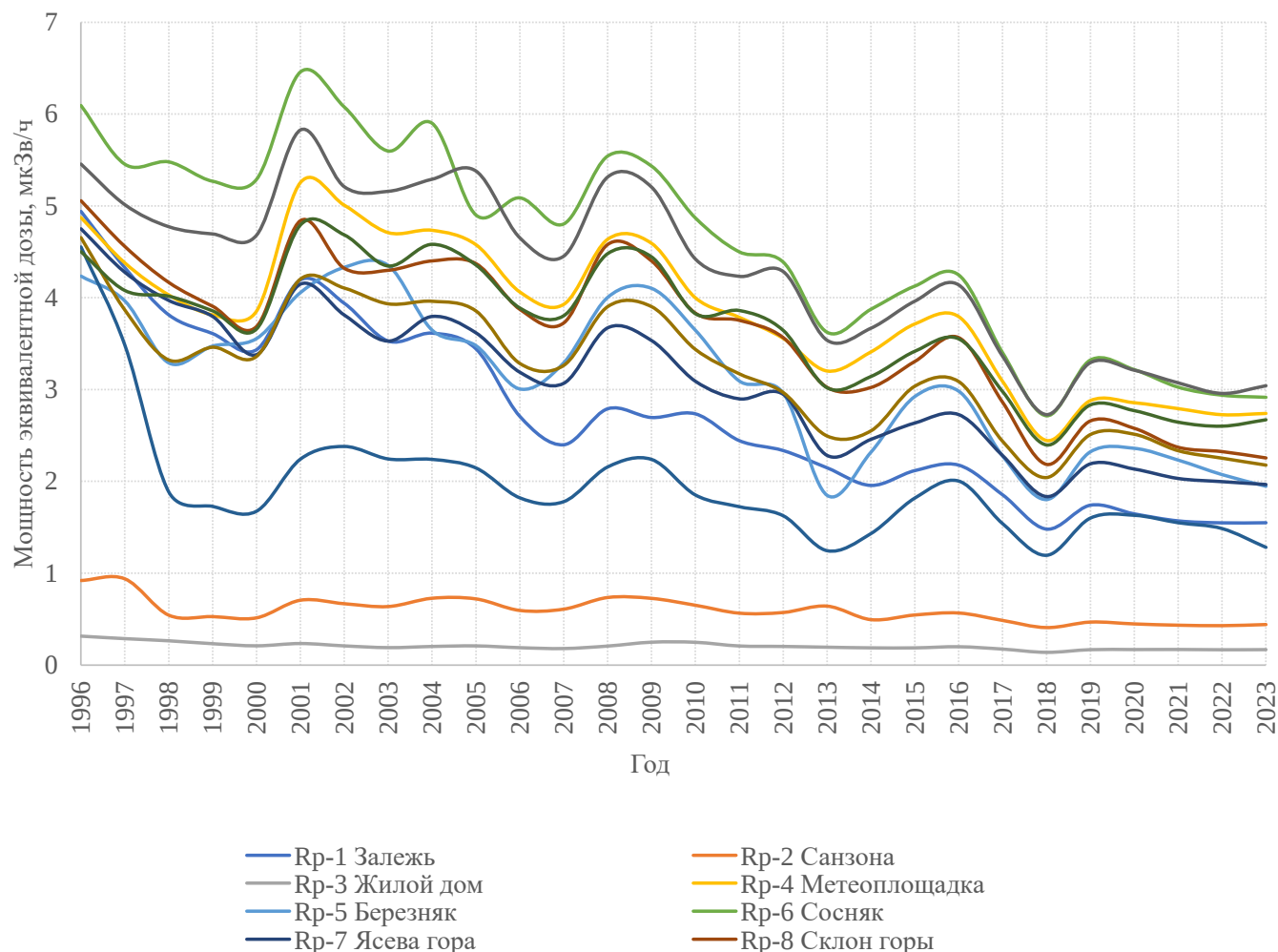


Рисунок 1 – Многолетняя динамика МД на объектах реперной сети, мкЗв/ч

Оценка темпов снижения радиационного фона на постоянных пунктах наблюдений проводилась на основе аппроксимации данных по динамике МД за период 1997-2022 гг. Процесс снижения радиационного фона (в нашем случае – величины МД) с течением времени описывается экспоненциальной функцией следующего вида: $МД_t = МД_0 \times e^{-\ln(2)t/T}$; где $МД_0$ – исходная величина радиационного фона; $МД_t$ – величина радиационного фона через время t ; T – период полуснижения или время, за которое радиационный фон уменьшается в 2 раза. С помощью метода наименьших квадратов отклонений был рассчитан параметр T для каждого пункта наблюдений, (таблица 3). Полученные

показатели периода полуснижения МД показали, что в сосняке они несколько ниже, по сравнению с лиственными фитоценозами (соответственно 26 и 27,5 лет). Процесс также идет медленнее на участках, находящихся на понижениях рельефа местности, по сравнению с ландшафтами на возвышениях. В нашем случае территории Rp-10 (низкая пойма), Rp-11 (урез воды озера Персток) и Rp-12 (берег озера Персток) отличались длительными периодами полуснижения – до 35 лет. При этом весьма низкие значения Т получены для безлесных вершины и склона холма (Ясева гора): Rp-7 и 8 (от 21 – 23 до 26 – 29 лет соответственно). Очевидно, что эти различия вызваны горизонтальной миграцией и перераспределением запаса радионуклидов за счет процессов смыва с твердым и жидким поверхностным стоком.

Таблица 3 – Темпы снижения радиационного фона на постоянных пунктах наблюдений

Номер и название реперной точки	Величина периода полуснижения Т, лет	
	Т	Коэффициент детерминации R ²
Rp-1 Залежь	16,76	0,92
Rp-2 Санитарно-защитная зона ст. Масаны	38,00	0,45
Rp-4 Метеоплощадка ст. Масаны	34,99	0,61
Rp-5 Берёзовый лес	27,29	0,64
Rp-6 Сосновый лес	26,13	0,77
Rp-7 Вершина Ясевой горы	23,45	0,86
Rp-8 Склон Ясевой горы	29,28	0,70
Rp-9 Высокая пойма	31,80	0,71
Rp-10 Низкая пойма	32,23	0,67
Rp-11 Урез воды озера Персток	26,59	0,63
Rp-12 Высокий берег озера Персток	35,44	0,64

Заметно медленнее происходит снижение МД на площадках, расположенных на гидроморфных почвах (березняк и низкая пойма – Rp-5 и 10), где грунтовые воды в ряде случаев выходят на поверхность. Изучение многолетней динамики МД показало, что ее варьирование по годам имеет общую тенденцию для большинства реперных участков; года с пиковыми уровнями чаще всего

совпадают. Однако в отдельные годы прослеживаются существенные флуктуации и отклонения от общего тренда: резкое повышение или уменьшение МД. Особенно высокий разброс ежегодных показателей характерен для Рр-1, 7 и 11. Самое существенное статистически значимое повышение МД, по сравнению с предыдущим годом, наблюдалось в 2001 (на 12 – 48 %), 2008 (на 15 – 23 %), 2015 гг. (на 7 – 27 %). В то же время, значимым снижением МД относительно предшествующего года отличались 1998 (на 9 – 73 %), 2003 (на 5 – 12 %), 2013 (на 4 – 60 %), 2017 гг. (на 17 – 31 %). Подобные флуктуации можно объяснить дополнительным влиянием внешних факторов, главным образом, климатического. При определённых метеорологических условиях (влажная безветренная погода, покрытая снегом поверхность), мощность дозы γ -излучения может временно уменьшаться, что создаёт более благоприятную радиационную обстановку. Самое сильное влияние на варьирование показателей мощности дозы оказывает режим увлажнения территории. Так, интенсивные атмосферные осадки напрямую способствуют сезонному снижению МД. Также колебания температуры, влажности воздуха и скорости ветра отражаются на интенсивности испарения почвенной влаги, что увеличивает значения мощности дозы γ -излучения в отдельные сезоны года. Наиболее информативным показателем, учитывающим температуру и влажность воздуха, количество осадков, является коэффициент увлажнения. Его величина позволяет с большей достоверностью прогнозировать сезонные изменения МД. Проведенные исследования выявили статистически значимую обратную корреляционную связь между показателями МД и коэффициента увлажнения. Величина коэффициента корреляции для этих параметров варьирует от -0,19 до -0,37 в зависимости от типа ландшафта.

Таким образом, проведенные исследования влияния ландшафтных и погодных условий на радиационную обстановку позволили сделать следующие выводы: 1) самое быстрое снижение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения происходит на открытых, безлесных участках ландшафта (залежные земли); 2) наиболее медленное снижение радиационного фона наблюдается на участках, покрытых лесом, а также на территориях, располагающихся на понижениях рельефа; 3) выявлена меньшая скорость снижения МД на гидроморфных почвах, по сравнению с автоморфными. 4) Показано, что отклонения в отдельные годы от общего тренда снижения МД за многолетний период наблюдений вызваны влиянием режима увлажнения территории. В частности, определена статистически достоверная обратная корреляционная связь между величиной МД и коэффициентом увлажнения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рамзаев, В.П. Динамика уменьшения мощности дозы гамма-излучения в воздухе в сельских населенных пунктах Брянской области России в отдаленном периоде после Чернобыльской аварии / В.П. Рамзаев, А.Н. Барковский // Радиационная гигиена. - 2020. - Т. 13. № 1. - С. 38-46.
2. Коробова, Е.М. Особенности пространственного распределения Cs-137, K-40 и стабильного йода в почвах супераквальных ландшафтов поймы р. Ипуть / Е. М. Коробова, С.Л. Романов, В.Ю. Берёзкин // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы IV междунар. Конф, Томск, 2013. - С. 295-298.
3. МВИ. МН 2513-2006. Методика выполнения измерений мощности эквивалентной дозы гамма-излучения дозиметрами и дозиметрами-радиометрами. – Гомель : республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие "Институт радиологии", 2005. – 11 с.



«Природа – это дар божий, мы его должны сохранить и еще в лучшем состоянии передать своим детям и внукам»!

А.Г.Лукашенко



СБОРНИК СТАТЕЙ

По материалам отраслевой научно-практической конференции
«Гармонизация нормативного регулирования научно-обоснованных мер экологической безопасности и адаптации
к изменению климата в рамках Союзного государства», приуроченного ко Дню белорусской науки

Редактор
Наркевич И.П.
Ересько М.А.

Технический редактор
Сушко С.В.

Компьютерный набор и верстка М. А. Некрашевич

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие

«Бел НИЦ «Экология»

ул. Якубова 76