



Министерство природных ресурсов
и охраны окружающей среды Республики Беларусь
Министерство образования Республики Беларусь
Национальная академия наук Беларуси
Учреждение образования «Белорусский государственный
технологический университет»
РУП «ЦНИИКИВР»
РУП «Бел НИЦ «Экология»
ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси»
Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова БГУ

МАТЕРИАЛЫ

научно-практической конференции
«ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ»

5 июня 2019 г.
г. Минск, Республика Беларусь

УДК [502.171+574]:005.745(06)(0.034)
ББК 20.1я73

Р е ц е н з е н т ы :

заведующий кафедрой промышленной экологии доцент,
кандидат технических наук *В. Н. Марицель*;
заведующий кафедрой биотехнологии доцент,
кандидат химических наук *В. Н. Леонтьев*

Г л а в н ы й р е д а к т о р

ректор доктор технических наук, профессор **И. В. Войтов**

Природопользование и экологические риски : материалы науч.-практ. конф., Минск,
5 июня 2019 г. – Минск : БГТУ, 2019. – 373 с.
ISBN 978-985-530-773-1

Сборник составлен по материалам докладов научно-практической конференции «Природопользование и экологические риски». В представленных докладах отражены вопросы, касающиеся водных проблем и путей их решения, рассмотрены современные экологические технологии и оборудование; проанализированы следующие темы: экологическое земледелие, информационные технологии в природопользовании, экономика природопользования. Часть докладов посвящена таким актуальным темам, как обращение с отходами, проблемы изменения климата, устойчивого природо- и лесопользования.

Сборник предназначен для работников различных отраслей народного хозяйства, научных сотрудников, специализирующихся в соответствующих областях знаний, аспирантов и студентов учреждений высшего образования.

ISBN 978-985-530-773-1

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2019

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО РЕКТОРА БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ВОЙТОВА ИГОРЯ ВИТАЛЬЕВИЧА

Уважаемые участники конференции!

Разрешите приветствовать Вас от имени ректората, профессорско-преподавательского состава, научных работников БГТУ, а также в качестве руководителя подпрограммы «Устойчивое использование природных ресурсов и охрана окружающей среды» ГНТП «Природопользование и экологические риски» на научно-практической конференции «Природопользование и экологические риски».

Конференция проводится во Всемирный день окружающей среды, установленный ООН и ежегодно отмечаемый 5 июня. Этот день является для всех экологов и природоохранных организаций еще одной возможностью привлечь внимание мировой общественности к проблемам окружающей среды, а также стимулировать политический интерес и соответствующие действия, направленные на охрану окружающей среды.

Приветствуем на нашей конференции специалистов-экологов научных организаций и учреждений Национальной академии наук Беларуси, Научно-исследовательские организации Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, учреждений высшего образования Министерства образования Республики Беларусь. Всего на пленарном заседании и четырех секционных заседаниях будет заслушано более 90 докладов.

В эти дни в Минске проводится крупный белорусско-польский экономический форум, в рамках которого запланировано проведение белорусско-польского научно-образовательного консорциума университетов. И я рад приветствовать сегодня руководителей ряда крупных польских университетов, наших партнеров – Западнопоморский технологический университет (г. Щецин), Белостокский технический университет, Гданьский технологический университет, Варшавский университет естественных наук, Университет информационных технологий и менеджмента (г. Жешув), Лодзинский технический университет, Образовательный фонд Perspektywy (г. Варшава), Опольский технический университет (г. Ополе).

Конференция проходит на базе Белорусского государственного технологического университета, который на протяжении всей своей почти 90-летней истории занимает ведущие позиции в образовательной и научной сферах. Сегодня он является уникальным, динамично развивающимся инновационным научным и образовательным центром. БГТУ, готовит специалистов для производственной и социальной сфер экономики по 31 специальности и 61 специализации высшего образования первой ступени, 40 специальностям второй ступени (магистратуры), 34 специальностям среднего специального и профессионально-технического образования, 14 специальностям переподготовки

кадров и 35 научным специальностям в аспирантуре и докторантуре. Кроме того, БГТУ имеет 5 филиалов на базе колледжей. Ежегодно в университете обучается около 16 тысяч студентов, магистрантов и аспирантов. В университете успешно действуют 18 научно-педагогических школ, получивших широкую известность в Беларуси и иностранных государствах, созданы и функционируют 6 советов по защите диссертаций.

Университет имеет высокий международный авторитет, сертифицировал свою систему менеджмента качества (СМК) в национальной и немецкой системе аккредитации DGA.

Научно-исследовательская работа в университете проводится научными и научно-педагогическими сотрудниками 47 кафедр. Ежегодно университетом выполняется более 550 научно-исследовательских тем. Общая численность научно-педагогических, научных и инженерно-технических работников составляет свыше 650 чел., в т. ч. более 40 докторами и свыше 400 кандидатами наук. Штатная численность работников НИЧ составляет более 100 человек.

По ГНТП «Леса Беларуси – устойчивое управление, инновационное развитие, ресурсы», подпрограмме «Гальванотехника» ГПНИ «Механика, металлургия, диагностика в машиностроении», подпрограмме «Полимерные материалы и технологии» ГПНИ «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии» на 2016–2020 гг. университет выступает в качестве головной организации-исполнителя.

Учеными университета ежегодно публикуется свыше 2000 научных статей в ведущих научных изданиях Республики Беларусь и зарубежных стран, патентуется до 40 изобретений и полезных моделей. Ежегодно в производстве используются результаты более 70, а в учебном процессе – более 130 НИ(ОКТ)Р.

Для повышения эффективности взаимодействия науки с производством большое внимание уделяется развитию инновационной инфраструктуры университета. В настоящее время в БГТУ функционируют около 50 структурных научных подразделения, включая 9 отраслевых и пять совместных научно-исследовательских лабораторий; 19 аккредитованных подразделений, испытательных лабораторий и центров; шесть научно-исследовательских лабораторий; 10 инжиниринговых центров и субъектов инновационной структуры.

БГТУ определен в качестве одного из учреждений высшего образования по реализации модели «Университет 3.0». В университете разработана и реализуется Дорожная карта по совершенствованию деятельности БГТУ на основе модели «Университет 3.0» на период до 2023 года. Участие университета в данном проекте будет способствовать повышению качества образовательной и научной деятельности в соответствии с потребностями реального сектора экономики, а также развитию современной информационно-коммуникационной среды для цифровой экономики.

Проводимая конференция запланирована как подведение промежуточных результатов выполнения заданий подпрограммы «Устойчивое использование

природных ресурсов и охрана окружающей среды» ГНТП «Природопользование и экологические риски», 2016–2020 годы (Государственный заказчик – Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь; головная организация-исполнитель – Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» (РУП «ЦНИИКИВР»)).

Целью подпрограммы является обеспечение комплексного экологически безопасного использования и переработки природных ресурсов, устойчивого функционирования естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов, охраны окружающей среды, защищенности жизни и здоровья человека от вредного воздействия последствий хозяйственной деятельности – получение экономического и (или) социального эффекта.

В рамках подпрограммы в 2018 году выполнялось 12 заданий, по результатам выполнения которых получены следующие результаты:

- разработан научно обоснованный комплекс мер по использованию твердых коммунальных отходов в качестве альтернативного топлива и усовершенствована оценка выбросов парниковых газов в секторе «Отходы» (организация-исполнитель: РУП «БелНИЦ «Экология»);

- разработаны нормативы образования отходов в лесном и сельском хозяйстве и при эксплуатации транспорта; сформирован каталог нормативов образования отходов Республики Беларусь (РУП «БелНИЦ «Экология»);

- разработан фрагмент каталога водоохраных зон и прибрежных полос по 5 объектам, с включением его в разработанный электронный каталог в разрезе административных районов и бассейнов основных рек Республики Беларусь (РУП «ЦНИИКИВР»);

- проведена оценка водно-ресурсного (гидроэнергетического) потенциала средних и малых рек Беларуси для создания ГЭС с учетом естественных и антропогенных изменений (РУП «ЦНИИКИВР»);

- проведена оценка влияния на поверхностные водные объекты особо опасных загрязняющих веществ (ОЗВ), сбрасываемых в составе сточных вод и разработан итоговый перечень ОЗВ в составе сточных вод промышленных предприятий Республики Беларусь в разрезе применяемых технологий (РУП «ЦНИИКИВР»);

- выполнена оценка изменения гидрологических показателей и разработаны карты рисков наводнений для трансграничного участка реки Западный Буг (РУП «ЦНИИКИВР»);

- разработан Комплекс мер по предотвращению поступления химических веществ, дополнительно включенных в Стокгольмскую конвенцию о СОЗ, в окружающую среду, включая рекомендации по экологически безопасному обращению с изделиями/отходами, содержащими гексабромциклододекан; подготовлены данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух на территории Республики Беларусь за 2017 г. для представления в ЕЭК ООН (РУП «БелНИЦ «Экология»);

- апробированы методические подходы и критерии дифференцированного нормирования содержания химических веществ в землях (включая почвы) и

подготовлены таблицы пороговых значений содержания нормируемых химических веществ в землях (включая почвы) с учетом функционального использования территорий и природоохранных режимов (РУП «БелНИЦ «Экология»);

– выполнено экономическое обоснование и разработан методический инструментарий внедрения систем экологического управления агроландшафтами на основе технологий органического растениеводства и механизмов лесоаграрной интеграции, на примере Кличевского района (БГТУ);

– разработана конструкторская документация на продукцию и технологическое оснащение для разработки и освоения технологии получения транспортной тары (поддоны и контейнеры) на основе полимерсодержащих отходов аккумуляторных батарей (БГТУ).

Позвольте пожелать всем участникам конференции плодотворной работы, конструктивного общения, новых творческих идей и успешной их реализации!

УДК 504.06

И.И. Лиштван, А.В. Высоченко, В.Э. Пахомчик, И.Л. Якимович
Институт природопользования НАН Беларуси

ПОДПРОГРАММА «РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ» ГНТП «ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ»: ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ВНЕДРЕНИЯ

Подпрограмма «Рациональное природопользование и инновационные технологии глубокой переработки природных ресурсов» государственной научно-технической программы «Природопользование и экологические риски», 2016-2020 годы была утверждена постановлением Совета Министров Республики от 25 февраля 2016 г. № 153. Государственным заказчиком подпрограммы является Национальная академия наук Беларуси. Головная организация-исполнитель – Институт природопользования НАН Беларуси.

Подпрограмма ориентирована на выполнение приоритетного направления научно-технической деятельности в Республике Беларусь «Рациональное природопользование и глубокая переработка природных ресурсов», а именно поднаправления 1 «Устойчивое использование природных ресурсов и охрана окружающей среды» и поднаправления 2 в части «Глубокая переработка природных ресурсов».

Основными целями подпрограммы являются:

- обеспечение комплексного экологически безопасного использования и переработки природных ресурсов, устойчивого функционирования естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов, охраны окружающей среды, защищенности жизни и здоровья человека от вредного воздействия последствий хозяйственной деятельности;
- разработка и освоение инновационных технологий глубокой переработки природных ресурсов (минерально-сырьевых, биологических, вторичных и др.);
- адаптация отраслей экономики к чрезвычайным ситуациям природного и техногенного характера;
- определение предельно допустимых нагрузок на хозяйственно значимые экосистемы;
- разработка научных принципов и практических мер по обеспечению перехода к зеленой экономике и органическому земледелию.

В рамках подпрограммы находят свое последовательное продолжение и развитие научно-технические и методические разработки, выполненные ранее в рамках ГПНИ «Природно-ресурсный потенциал», «Химические технологии и материалы, природно-ресурсный потенциал», а также ГНТП «Природные ресурсы и окружающая среда».

Организациями-исполнителями работ по подпрограмме являются учреждения Национальной академии наук Беларуси: Институт природопользования НАН Беларуси, ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, РУП «Институт рыбного хозяйства», РУП «Институт мелиорации», Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси.

Всего с 2016 г. в составе подпрограммы выполнялось 21 задание, из них к настоящему времени завершено выполнение 10 заданий, продолжается выполнение 11 заданий, в течение текущего года будет завершено выполнение трех заданий. Оформлены и переданы для прохождения государственной экспертизы 3 новых проекта заданий, заканчивается оформление еще 5 проектов заданий.

В разделе подпрограммы «Инновационные технологии глубокой переработки природных и вторичных сырьевых ресурсов» получены следующие результаты.

- Разработана технология и организовано производство экологически безопасных гуматных реагентов для буровых работ и материалов для поглощения отработанных поверхностно-активных веществ и эмульгированных нефтепродуктов на основе глубокой переработки торфа (Институт природопользования НАН Беларуси).

Разработаны, согласованы и утверждены опытно-промышленные технологические регламенты на производство порошка гуминового торфяного для буровых работ и сорбента эмульгированных нефтепродуктов и поверхностно-активных веществ порошкообразного гуминового. Подготовлены и зарегистрированы технические условия на эту продукцию.

Осуществлен подбор основного оборудования для производства порошка гуминового торфяного для буровых работ и сорбента порошкообразного гуминового. Проведена модернизация технологических линий для их производства.

Значимость разработки состоит в создании нового производства импортозамещающей продукции. Ее выпуск будет осуществляться силами СООО «ЭридГроупПродакшн». Запланировано получение 75 т порошка гуминового торфяного и 35 т сорбента порошкообразного гуминового в течение трех лет.

- Разработана базовая технология производства гуминовых препаратов для сельского хозяйства, получена опытная партия нового регулятора роста растений «Гуморост» и изучена его эффективность на отдельных сельскохозяйственных культурах (Институт природопользования НАН Беларуси).

Получена следующая научно-техническая продукция:

- опытно-промышленный технологический регламент на производство гуминовых препаратов из торфа;
- принципиальная базовая технологическая схема производства гуминовых препаратов из торфа;
- Технические условия «Регулятор роста растений из торфа «Гуморост»;
- опытная партия гуминового препарата (Гуморост) (120 кг);
- токсиколого-гигиеническое заключение на новый гуминовый препарат Гуморост;
- исходные данные для маркетинга рынка гуминовых препаратов;
- материалы для государственной регистрации нового гуминового препарата (Гуморост) на сельскохозяйственных культурах.

К достоинствам разработанного препарата «Гуморост» следует отнести уменьшение его себестоимости по сравнению с аналогичными препаратами, применяемыми в странах СНГ, в 2,5 раза, по сравнению с препаратами, применяемыми в странах Евросоюза, – в 15 раз; обеспечение повышения урожайности сельскохозяйственных культур на 10-25%. Немаловажное значение при использовании данного препарата имеет гарантия производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции.

Производство гуминового препарата «Гуморост» осуществляется на ЧПУП «ЧервеньАГРО». За 3 года будет произведено 135 т препарата с последующей поставкой сельскохозяйственным предприятиям.

- Разработаны и внедрены технология производства альтернативных органических удобрений из отходов предприятий рыбопереработки и грибного производства марки А «Компост» и марки Б «Гранулы», а также рекомендации по их применению в растениеводстве (Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси).

Проведены полевые исследования эффективности применения альтернативных органических удобрений из отходов предприятий рыбопереработки и грибного производства марки А «Компост» и марки Б «Гранулы» при возделывании кукурузы в производственных условиях. Установлено их стойкое положительное влияние на урожайность и качество зеленой массы кукурузы, при этом биометрические исследования показали более существенную положительную роль удобрений марки Б «Гранулы». Кроме того, применение альтернативных органических удобрений способствовало улучшению почвенного плодородия.

Подготовлен пакет документов для государственной регистрации и внесения разработанных альтернативных органических удобрений из отходов предприятий рыбопереработки и грибного производства в «Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь».

Ожидаемый годовой экономический эффект от применения альтернативных органических удобрений составляет 22 353,50 руб. Экологический эффект разработки состоит в использовании образующихся отходов предприятий рыбопереработки и грибного производства и, следовательно, исключения их негативного влияния на окружающую среду.

Производство альтернативных органических удобрений будет осуществляться на СП «Санта Бремор». За 2 года освоения будет произведено и реализовано 10 тыс. т удобрений.

В разделе подпрограммы «Экологические риски и предельно допустимые нагрузки на окружающую среду» разработана следующая научно-техническая продукция.

- Разработаны и опробированы на примере г. Минска Порядок и правила экологической реабилитации техногенно-нарушенных природных комплексов урбанизированных территорий для целей рационального природопользования, эффективного градостроительного освоения, снижения экологического риска (Институт природопользования НАН Беларуси).

Геоэкологические исследования техногенно-нарушенных природных комплексов выполнены на примере двух модельных участков, расположенных в ландшафтно-рекреационных зонах, подлежащих экологической реабилитации: снеговая свалка и территория к югу-юго-востоку от нее в границах улиц Пономаренко-Горецкого-Шаранговича, нарушенное подтоплением урочище Серебряный Лог в пойме р. Свислочи в границах улиц Якубова – р. Свислочь. Охарактеризованы природные условия территорий этих участков, установлены источники воздействия на компоненты ландшафта, пространственное распределение нарушений природных комплексов, оценено состояние компонентов природных комплексов, выявлены проявления их деградации. Полученные сведения позволили дифференцировать территории участков по особенностям природных условий и интенсивности техногенных нарушений и послужили основой для составления схем зонирования и разработки комплекса мероприятий по экологической реабилитации.

Разработаны крупномасштабные ландшафтные планы для двух модельных участков, подлежащих экологической реабилитации, на территории г. Минска.

Проведение рекогносцировочного обследования территории г. Минска позволило выявить участки природных комплексов, нуждающихся в реабилитации, и составить Перечень участков техногенно-нарушенных природных комплексов, подлежащих экологической реабилитации в ландшафтно-рекреационных зонах г. Минска (в том числе в санитарно-защитных зонах).

Применение разработанных схем и ландшафтных планов участков, подлежащих экологической реабилитации, в практике градостроительного планирования будет способствовать выбору оптимальных и экономически обоснованных направлений их использования и мероприятий по реабилитации.

Использование Руководства «Порядок и правила экологической реабилитации техногенно-нарушенных природных комплексов на урбанизированных территориях» на этапах планирования и проведения строительных работ, а также работ по благоустройству территорий позволит идентифицировать виды нарушений, последовательно и обоснованно провести оценку состояния компонентов природных комплексов, вид и степень деградации земель, выбрать соответствующие мероприятия по реабилитации техногенно-нарушенных территорий в городских условиях.

Экономическая эффективность экологической реабилитации нарушенных природных комплексов в г. Минске, занимающих площадь 20 га, оценивается в 29 485 млн. руб. в год.

Внедрение разработанной научно-технической продукции будет осуществляться с участием УП «Минскградо».

В разделе подпрограммы «Методы и технологии снижения промышленных выбросов и сбросов» получены следующие новшества.

- Разработаны мероприятия по сокращению выбросов летучих органических соединений в атмосферный воздух в легкой промышленности для минимизации воздействия на окружающую среду (Институт природопользования НАН Беларуси).

Мероприятия по снижению выбросов в легкой промышленности включают превентивные меры (первичные) и меры на конце трубы (вторичные). При невозможности достижения нормативов выбросов ЛОС с помощью первичных мер необходима установка пылегазоочистного оборудования.

Проведен сбор и анализ информации о стоимостных показателях технологий снижения выбросов ЛОС в легкой промышленности. Выполнен анализ затрат на установки по снижению выбросов ЛОС в легкой промышленности, производимые в Республике Беларусь, Российской Федерации и странах ЕС. Показано, что стоимость абсорбционно-биохимической установки, произведенной в Республике Беларусь, составляет 90-180 тыс. руб., а стоимость расходных материалов не превышает 360 руб. в год. Затраты на абсорбционную регенерационную систему очистки воздуха базовой комплектации, производимую в РФ, составляют 1,5–11,6 тыс. руб., комплектация с устройством для регенерации катализатора – 3,2–15,8 тыс. руб. Затраты на снижение выбросов ЛОС на 1 т с помощью системы регенеративного термического окисления, произведенной в странах ЕС, составляют от 225 руб. до 45,01 тыс. руб. Использование превентивных мер может обеспечить не только минимизацию затрат на снижение выбросов, но и в некоторых случаях экономическую выгоду.

Реализация разработанных мероприятий по снижению объемов выбросов ЛОС в атмосферный воздух на 20% позволит получить экономический эффект в размере 0,44–1,34 млн. руб. в год. Сокращение расхода растворителей вследствие повышения эффективности их использования, сокращения потерь и рекуперации использованных растворителей обеспечит экономию 0,4–2,0 млн. руб. в год. Дополнительный социально-экономический эффект будет получен в результате снижения рисков негативного воздействия на здоровье человека и окружающую среду специфических ЛОС, содержащихся в выбросах предприятий легкой промышленности – ацетона, этилацетата, бутилацетата, толуола и др.

Разработанные рекомендации и перечень мероприятий будут внедрены в системе Концерна «Беллегпром».

В разделе подпрограммы «Эффективная переработка биоресурсов» получены следующие результаты.

- Разработан комплект документации по созданию опытно-промышленного производства лекарственных препаратов на основе змеиного яда (ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам»).

Разработан проект инфраструктуры предприятия и приведено описание ключевых технологических этапов процесса изготовления лекарственного препарата «Випросал В» на основе яда обыкновенной гадюки.

Подготовлен комплект документации по созданию опытно-промышленного производства лекарственных препаратов на основе змеиного яда, включающий технологический регламент производства мази на основе змеиного яда и технологическую инструкцию по получению яда гадюки обыкновенной в полевых условиях.

Производство лекарственных препаратов на основе змеиного яда включает санитарную обработку производственного помещения и оборудования, подготовку сырья и материалов, введение лекарственных веществ в основу, гомогенизацию мазей, стандартизацию готового лекарственного препарата, фасовку, маркировку и упаковку.

Получена и принята на баланс партия змеиного яда массой 1,36 г.

Выпуск отечественных препаратов на основе биологической субстанции яда обыкновенной гадюки позволит сэкономить более 400 тыс. долл. США за счет импортозамещения. Создание отечественного производства с использованием местного сырья позволит полностью удовлетворить потребности населения в лекарственных средствах этой серии.

Рентабельность производства биологической субстанции змеиного яда составит в первый год 40%, во второй и последующие – 60%.

- Разработаны практические меры по охране, повышению устойчивости и обеспечению эффективного использования редких, уникальных объектов растительного мира (деревьев и насаждений) (Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси).

Проанализированы фондовые и лесоустроительные материалы и определен перечень объектов инвентаризации. Установлено, что вековые насаждения со средним возрастом 100 и более лет в Гродненской области занимают 1,5% от общей площади лесного фонда, в Брестской области – 0,99%, в Витебской и Минской областях – по 2,1%, в Гомельской области – 5,46% и в Могилевской области – 3,05 % лесопокрытой площади.

Сформирована база данных «Редкие, уникальные деревья и насаждения на территории Беларуси» как накопительный продукт по результатам обследования всех областей. В базе данных содержатся сведения о 591 редком и уникальном объекте растительного мира. База данных сформирована с привлечением ГИС-технологий как инструмента, позволяющего пользователям искать на цифровой карте местности информацию об объектах, включенных в базу. Проект реализован на стандартной геоинформационной системе, позволяющей работать на размещенном в публичном доступе сайте «Живые памятники».

Подготовлены комплекты охранных документов заповедования на 65 объектов растительного мира. Комплекты охранных документов переданы для внедрения в областные комитеты природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Подготовлены рекомендации по внесению дополнений в нормативные акты Минприроды, регламентирующие функционирование памятников природы в части введения единых критериев выделения, методики инвентаризации и практических мероприятий по сохранению, лечению, повышению устойчивости и снижению аварийности редких, уникальных объектов растительного мира (деревьев и насаждений).

Подготовлен оригинал-макет издания «Редкие, уникальные деревья и насаждения на территории Беларуси».

Реализация проекта позволит уменьшить потери деревьев и насаждений от прямого и косвенного воздействия неблагоприятных природных и антропогенных факторов, принимать экологически и экономически обоснованные решения по повышению их устойчивости, информировать органы исполнительной власти и всех заинтересованных об их наличии и состоянии, включить в сеть туристических объектов, повысить экологическую просвещенность населения.

На стадии внедрения научно-технической продукции будет продолжена подготовка охранных документов и издан буклет «Редкие и уникальные деревья и насаждения Беларуси (тираж 200 экз.).

В разделе подпрограммы «Технологии регулирования качества окружающей среды и обеспечение благоприятных условий для жизни человека» получена следующая продукция.

- Разработана технология возделывания многолетних бобовых трав при пожнивном посеве на торфяных почвах с целью повышения их продуктивного долголетия, улучшения фитосанитарного и агроэкологического состояния почв (РУП «Институт мелиорации»).

Разработана структура многолетних бобовых агроценозов на торфяных почвах Беларуси на период до 2025 г. с учетом структуры почвенного покрова, наличия почв с содержанием органического вещества менее 50% и удельного веса органогенных почв. При общем росте площадей бобовых трав решается задача увеличения их видового разнообразия. Так, при сохранении роли клеверов предлагается существенно увеличить площади гибридного клевера, более адаптированного к торфяным почвам. В условиях происходящей аридизации климата рекомендовано широкое использование засухоустойчивых культур – донника белого и эспарцета.

Установлены особенности роста и развития многолетних бобовых трав в первые два года их жизни при пожнивном посеве на осушенных торфяных почвах. Определены возможности продолжения использования бобовых травостоев и критерии целесообразности их замены или обновления. Обобщены результаты морфометрических исследований, а также эффективности внесения минеральных удобрений и средств защиты растений.

Установлена принципиальная возможность и перспективность пожнивных посевов многолетних бобовых трав на осушенных торфяных почвах. Сформулированы агроэкологические требования к системе возделывания многолетних бобовых трав на торфяных почвах при пожнивном посеве. Из районированных в республике многолетних бобовых трав для пожнивных посевов наиболее адаптированы клевер луговой, люцерна посевная, люцерна желтогибридная, чина многолетняя. Установлены оптимальные сроки сева трав при пожнивных посевах, гарантирующие успешную зимовку растений, выявлены риски гибели, причины и факторы их обуславливающие.

Разработанная технология возделывания многолетних бобовых трав будет внедрена на площади 20 тыс. га.

По предварительным данным, возделывание клевера лугового на старопашотных торфяных почвах при пожнивном посеве может обеспечить получение прибыли в объеме 190–195 долларов США (на гектар) уже в первый год выращивания трав. Ожидаемый экономический эффект за счет экономии затрат и ресурсов (экономия азотных удобрений и сохранение органического вещества торфяных почв) составляет 3,18 млн. руб. в год.

Всего по 10 завершенным заданиям подпрограммы создано 32 объекта новой техники, в том числе:

- машины, оборудование, приборы, инструменты, детали – 2;
- технологические процессы – 9;
- системы, комплексы, АСУ, АБД, САПР – 3;
- лекарственные средства, препараты – 4;
- прочие – 14.

И.В. Войтов, проф., д-р техн. наук, А.В. Неверов, проф., д-р экон. наук
БГТУ, г. Минск

УСТОЙЧИВОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ: СОДЕРЖАНИЕ, МЕХАНИЗМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

Систему устойчивого природопользования определяет идеология устойчивого развития.

Устойчивое природопользование – эколого-экономическая система, обеспечивающая: воспроизводство природного капитала, ресурсоэффективность и ресурсосбережение на инновационной основе, снижение экологических рисков, предотвращение сокращения биоразнообразия и ухудшения качества экосистемных услуг, утверждение этики природопользования как определяющего и долгосрочного фактора гармонизации отношений «человек – общество – природа».

Система устойчивого природопользования охватывает две взаимосвязанные подсистемы: общественное производство (выявление, добыча и переработка природного вещества), экологическую сферу (целенаправленное продуцирование экосистем) и поддержание экологического равновесия.

Сущность устойчивого природопользования выражается через содержание такой категории, как воспроизводство природных благ. В общепринятой терминологии природопользование рассматривается как воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов. В научном понимании воспроизводство природных благ – это триединый процесс, включающий восстановление (охрану) экологических систем, эксплуатацию природных ресурсов, переработку природного сырья. Две последние стадии объединяются одним понятием – «использование природных ресурсов». Процесс экономии природного сырья и использования отходов в сфере общественного производства равносителен сохранению эколого-ресурсного потенциала. Отсюда понятие «устойчивое природопользование» практически идентично понятию «воспроизводство природных благ» [1].

Анатомия устойчивого природопользования представлена ниже на рисунке. Как видно из него, узловые элементы формирования и развития устойчивого природопользования – экологический капитал и экологическая экономика, воспроизводственные процессы которых характеризуют динамику их взаимодействия.

Экологический капитал. Естественный базис экологического капитала – экологические ресурсы.

Экологические ресурсы представляют собой все объекты живой природы (экосистемы), участвующие в системе биосферного круговорота веществ и выполняющие функцию поддержания экологического равновесия.

В потенциале средообразующий ресурс существовал всегда как функция экосистем. И только возникающая необходимость удовлетворять экологические потребности и необходимость экономического воспроизводства экологических потребностей переводит экосистему в ранг экологического ресурса. Экономическое выражение экологического ресурса может быть разным: от снижения уровня энерго- и экологоемкости (природоемкости) экономического роста до альтернативного использования природного ресурса (например, заповедования) с целью сохранения требуемого качества окружающей среды.

Содержательную сторону экологических ресурсов как первооснову удовлетворения разнообразных человеческих потребностей выражают экосистемные услуги (обеспечивающие, регулирующие, культурные, поддерживающие).

Капитальная стоимость экосистемных услуг (капитализация ежегодной экологической ренты) выражает основное содержание экологической оценки экологического капитала. Структуризацию природной ренты на экономическую (дифференциальную) и экологическую определяет теория воспроизводственной ренты [2].

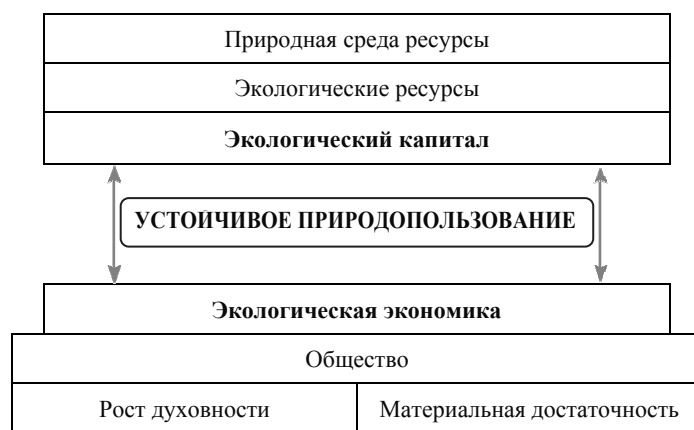


Рисунок – Анатомия устойчивого природопользования

Стоимостная оценка экосистемных услуг и их дальнейшая капитализация проводится по четырем основным типам природных экосистем: лесным, луговым, естественным болотным и водным с выделением оценки биологического разнообразия [3].

В самом общем виде предлагается следующий метод оценки измерения количественных характеристик экологического капитала конкретной территории.

$$\text{ЭО}_{\text{ЭК}} = \text{Э}_k \pm \text{О}_{\text{э.у.}} - \text{О}_{\text{э.в.}} + \text{О}_{\text{т.ч.}}$$

где $\text{ЭО}_{\text{ЭК}}$ – экономическая оценка экологического капитала в текущем периоде; Э_k – экономическая оценка экологического капитала в базовом периоде; $\text{О}_{\text{э.у.}}$ – стоимостная оценка экосистемных услуг в текущем периоде; $\text{О}_{\text{э.в.}}$ – стоимостная оценка экологического ущерба (вреда); $\text{О}_{\text{т.ч.}}$ – стоимостная оценка трансграничных переносов.

Во времени динамика экологического капитала должно быть положительной.

Экологическая экономика. Экологическая экономика исследует воспроизводство природного (экологического) капитала и систему экономических интересов экологического

императива. Главное предназначение экологического императива – изменить ценностные ориентиры человека, его представления о богатстве и долге перед природой. В контексте сказанного, экологическая экономика – это социальный идеал, основанный на экологических ценностях и выражающий гуманное отношение к природе и ее ресурсам.

Духовный разум как высшее проявление гуманизма, утверждающий свободную и всесторонне развитую личность, не может существовать в отрыве от экологии – системы отношений, отражающих естество человека и его сущностные взаимосвязи с окружающим миром, Природой.

В своем теоретическом построении экологическая экономика выходит за рамки собственно экономики природопользования в том плане, что исследует проблемы нормативного воспроизводства человеческого капитала (включая нормы этического порядка) как главного структурного элемента устойчивого развития. Идея об удовлетворении человеческих потребностей и их изменении под влиянием развития новых качеств человека, его знаний, воспитания, ценностных ориентаций и устремлений является основополагающей для развития экологической экономики.

Экологическая экономика как должное рождается в сущем – в реальной системе экономических отношений природопользования и социально-экологических процессах воспроизводства жизни. Должное нельзя исследовать без сущего, как и сущее нельзя познать без должного. Вполне очевидно: должное доминирует над сущим, определяя направление его развития и трансформацию в новое качество.

Экологическая экономика – это не только идеал и императив человеческого развития, структурный элемент сферы должного, но и практика, протекающая в сфере сущего. Ярким примером в этом смысле является Германия – одна из самых развитых и экологически продвинутых стран мира. Слагаемые экологического успеха Германии: высокая профессиональная и экологическая культура человека, развитое инженерное искусство, приверженность к правовой и этической норме, любовь к природе, гуманизация (либерализация) в рамках воспроизводства человеческих отношений.

Экологическую экономику определяет и развивает экологоориентированная система материальных и духовных потребностей, полностью увязанная с нормами экономической и экологической этики. Самая сложная норма этического порядка – экологически ограниченные материальные потребности. Возрастающая во времени проблема сохранения качества окружающей природной среды и определяющая роль экологических связей (конструкций) природных комплексов в этом процессе перемещает традиционные материальные ценности природопользования в экологическую сторону.

И здесь главным инструментом выступает методология пропорционального анализа, исходящая из теории абсолютной ценности коэволюционного развития. [4]

Согласно данной теории, необходимо соблюдать должные соотношения (пропорции) между факторами воспроизводства в сфере человеческой деятельности. В практическом аспекте ей отвечает концепция «зеленого» роста, согласно которой должны выдерживаться пропорции между темпами роста ресурсоэффективности и темпами экономического роста. Скорость снижения ресурсоемкости (природоемкости, материалоемкости, экологоемкости) должна быть выше скорости экономического развития.

Определяющий фактор «зеленого» роста – инновационный. Последний решает проблему ресурсоэффективности и экологизации природопользования основательно, а не фрагментарно, обеспечивая не только экономию ресурсов, но и должны структурные сдвиги и пропорции в развитии национальной экономики. [5]

На уровне организации динамичность и пропорциональность инновационного развития обеспечивают ускоренные темпы фондоотдачи по сравнению с темпами фондовооруженности, а также финансовый норматив инновационного развития организации, модель построения которого учитывает динамику фондоемкости, рентабельности выпускаемой продукции и плановый прирост инновационной продукции.

Список использованных источников

1. Лесное управление = Forestgovernance / А.В. Неверов [и др.]; под общ.ред. А. В. Неверова. Минск: Пачатковая школа, 2014.– 400 с.
2. Экономика природопользования : учеб.–метод. пособие / А. В. Неверов [и др.] ; под общ. ред. А. В. Неверова. – Минск : Колорград, 2016. – 399 с.
3. ТКП 17.02–10–2013 Порядок проведения стоимостной оценки экосистемных услуг и определения стоимостной ценности биологического разнообразия [Электронный ресурс] / Фонд технических нормативных правовых актов, утвержденных Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. – Режим доступа: http://www.ecoinv.by/images/pdf/tkp_fond/_17.02–10–2012_.pdf. – Дата доступа: 11.05.2019.
4. Неверов, Д. А. Законы эффективности и асимметрия жизни / Д. А. Неверов // Труды БГТУ. Сер. 5, Экономика и управление. – Минск : БГТУ, 2017. – № 1 .– С. 51–55.
5. Войтов, И. В. Природно–ресурсные и производственно–экономические функции устойчивого развития высокотехнологичной «зеленой» экономики [монография] : в 2 т., Белорусский государственный технологический университет ; [под общ.ред. И. В. Войтова], [Текст], Т. 1 Минск : БГТУ , 2018 .– 314 с.

УДК 664.066.46

И.В. Войтов, ректор, д-р техн. наук, профессор
БГТУ, г. Минск

БГТУ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет» (далее – БГТУ) является уникальным динамично развивающимся образовательным и научным центром, обеспечивающим кластерную сквозную систему подготовки кадров для республики, и вносящим весомый вклад в национальную систему формирования интеллектуальной и управленческой элиты, способной создавать и внедрять в реальный сектор экономики инновационные решения и продукты.

Свыше 75 000 *выпускников университета успешно работают в сферах химической и нефтехимической промышленности, композитных материалов, индустрии информационных технологий, программирования и кибербезопасности, глобальных геоинформационных систем, лесного* хозяйства и глубокой переработки древесины, промышленных строительных материалов, биотехнологий и лекарственных сред, полиграфии, автоматизации и робототехники, обеспечения национальной экологической безопасности, экономики, электронного маркетинга и др. Среди них – известные ученые, академики, лауреаты государственных премий, министры, руководители крупных производственных объединений и предприятий, которые составляют интеллектуальный потенциал современной Беларуси.

БГТУ был основан в 1930 году как лесной институт и с тех пор преобразовался в ведущее учреждение образования Беларуси в сферах образования в области природопользования и лесного хозяйства, а также химико-технологического образования.

Сегодня БГТУ – это:

- 16 000 обучающихся;
- 625 преподавателей, из которых более 70% имеют ученые степени и звания (70% от общего числа – самый высокий показатель в системе Минобразования Республики Беларусь);
- 35 академиков и членов-корреспондентов;

- более 150 образовательных программ;
- 8 факультетов;
- 47 кафедр и 19 филиалов кафедр;
- Институт повышения квалификации и переподготовки;
- 34 учебно-научно-производственных центра;
- 5 филиалов – колледжей;
- 2 учебно-опытных лесхоза;
- библиотека (свыше 1 млн. экз. изданий);
- спорткомплекс и стадион.

БГТУ является открытой образовательной системой, о чем свидетельствует создание учебно-научно-производственных центров и филиалов кафедр на ведущих предприятиях и в организациях республики, что расширяет возможности университета в усилении практической подготовки специалистов при максимальном использовании ресурсов предприятий – заказчиков кадров.

В 2013 году был создан и с тех пор эффективно функционирует вертикально-интегрированный научно-образовательный кластер, в который вошли на правах обособленных структурных подразделений 5 профильных учреждений среднего специального и профессионально-технического образования, ставшие филиалами БГТУ:

Белорусский государственный колледж промышленности строительных материалов (г. Минск);

Бобруйский государственный лесотехнический колледж;

Витебский государственный технологический колледж;

Гомельский государственный политехнический колледж;

Полоцкий государственный лесной колледж. Создание вертикально-интегрированного кластера обеспечило формирование системы непрерывного образования (т.н. «образование через всю жизнь»), нацеленного на расширение и совершенствование профессиональных компетенций выпускников университета, при соблюдении преемственности образовательных традиций.

В 2018 году подписан трехсторонний договор о создании единого республиканского учебно-научно-производственного технологического кластера в составе учреждений образования «Белорусский государственный технологический университет», «Витебский государственный технологический университет» и «Могилевский государственный университет продовольствия».

Сегодня БГТУ готовит специалистов для экономики Беларуси по:

31 специальности первой ступени высшего образования,

40 специальностям магистратуры,

25 специальностям среднего специального образования,

10 специальностям профессионально-технического образования,

16 специальностям переподготовки кадров.

Отрасли экономики, для которых БГТУ является базовым университетом, ведущим подготовку инженерных кадров, не только в значительной степени определяют уровень экономического развития страны и ее экспортный потенциал, но состояние окружающей среды.

Поэтому экологическая составляющая профессиональной подготовки инженеров является обязательной для всех специальностей. Подготовка специалистов по всем инженерно-техническим и химико-технологическим специальностям включает вопросы, связанные с охраной окружающей среды в конкретной отрасли, на производстве.

БГТУ – один из лидеров профильного экологического образования в республике. Впервые кафедра охраны окружающей среды создана в университете в 1973 году на лесохозяйственном факультете. Тогда она была единственной в республике и одной из немногих в СССР. Возглавил кафедру профессор Романов В.С. Создание кафедры было логическим завершением большой работы коллектива университета по пропаганде идей охраны природы

и разработке практических мероприятий по охране окружающей среды для предприятий республики. По постановке экологического образования БГТУ еще в 1982 году (тогда БТИ) коллегией Минвуза БССР определен как базовое высшее учебное заведение по образованию в области охраны окружающей среды в республике.

В БГТУ накоплен огромный опыт подготовки специалистов по профильным эколого-ориентированным специальностям на I и II ступенях высшего образования и аспирантуры. На базе университета много лет функционирует Учебно-методическое объединение ВУЗов республики по образованию в области природопользования и лесного хозяйства.

По специальности «Лесное хозяйство», подготовка специалистов ведется с 1930 г., Выпускники этой специальности определяют состояния лесов Беларуси – нашего национального богатства. Специалисты с квалификацией «Инженер лесного хозяйства» занимают должности лесничих, инженеров и специалистов в лесохозяйственных учреждениях, производственных объединениях, Министерстве лесного хозяйства, природоохранных учреждениях, инженеров-таксаторов, начальников лесоустроительных партий, древесных питомников, охотоведов, государственных инспекторов, а также научных сотрудников, и это далеко не полный перечень, ведь лесная отрасль очень многогранна.

По специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» – подготовка специалистов ведется с 1988 г. Первый выпуск специалистов состоялся в 1993 году. обеспечивает получение профессиональной квалификации «инженер-химик-эколог».

Специальность включает дисциплины, изучение которых позволяет подготовить специалиста по основным направлениям деятельности в области охраны окружающей среды на уровне предприятия (фирмы), территориальной инспекции Минприроды.. Сориентирована на получение практических навыков по наиболее востребованным на рынке направлениям деятельности в области охраны окружающей среды, в том числе нормативного правового регулирования в области охраны окружающей среды.

По специальности «Биоэкология» – подготовка специалистов ведется с 1995 г. Первый выпуск специалистов состоялся в 2000 году. Обеспечивает получение профессиональной квалификации «инженер-эколог». **Специальность** позволяет получить основательную подготовку в области экологической биотехнологии.

По специальности «Садово-парковое строительство» – в рамках специальности подготовка специалистов ведется с 1985 г. Первый выпуск специалистов состоялся в 1990 году. Обеспечивает получение профессиональной квалификации «инженер садово-паркового строительства». Специальность позволяет получить основательную подготовку в области ландшафтного проектирования, ландшафтного лесоводства, цветоводства, фитодизайна и других направлениях.

– «**Туризм и природопользование**» – подготовка специалистов ведется с 2009 г. Первый выпуск специалистов состоится в 2014 году. Обеспечивает получение квалификации «специалист по туризму и природопользованию». **Объектами профессиональной деятельности** выпускника являются процессы проектирования и создания объектов экологического и охотничьего туризма, организации и проведения туристических мероприятий с различными категориями населения, производство и реализации услуг в туристических организациях, национальных парках и заповедниках, лесохозяйственных хозяйствах, научно-исследовательских, производственно-коммерческих и образовательных учреждениях.

В 2019 г. подготовлена вся необходимая документация для открытия новой специальности «Промышленная водоподготовка и водоочистка», первый набор на которую планируется осуществить в 2020 г. Подготовка по этой специальности восполнит потребность в специалистах, способных управлять физико-химическими процессами, лежащими в основе большинства технологий водоподготовки и очистки сточных вод, знающих и умеющих эксплуатировать водоочистное оборудование и сооружения, владеющих методиками контроля за работой очистных сооружений.

В процессе обучения студенты активно участвуют в научно-исследовательской работе, в том числе в выполнении госбюджетных и хоздоговорных НИР. Ежегодно более 240 дипломных проектов и работ выполняется по тематике, связанной с природопользованием и охраной окружающей среды. Студенческая НИЛ кафедры промышленной экологии в 2018г. получила грант Минобразования на развитие материальной базы.

Высокому уровню подготовки способствует участие студентов и преподавателей университета в международных проектах по тематике, связанной с охраной окружающей среды.

Совместно с «Адденда ОО» (Эстонская Республика) разработан обучающий курс по снижению загрязненности оборотных и сточных вод на предприятиях реального сектора экономики.

Совместная норвежско-евразийская программа «Водная гармония – II» направлена на гармонизацию стратегий научных исследований и преподавания в области химической технологии, водоочистки, очистки сточных вод среди университетов–партнеров.

Международный образовательный проект TENOR «К круговой экономике в органическом сельском хозяйстве» направлен на обновление и интернационализацию высшего образования в Беларуси и Украине путем внедрения подхода «Живая лаборатория» в образовании и науке, а также путем демонстрации возможностей повторного использования воды и ресурсов в органическом сельском хозяйстве, поощрения перехода парадигмы от традиционного управления сточными водами к децентрализации.

В настоящее время БГТУ является признанным научным и исследовательским центром, успешно развивающим различные научные направления в областях лесного хозяйства, деревообработки, производства строительных материалов, химии и химической технологий, экономики, полиграфии, информационных технологий, охраны окружающей среды.

Научная, научно-техническая и инновационная деятельность в университете осуществляется учеными и научно-педагогическими сотрудниками 47 кафедр и 53 структурными научными подразделениями. Объем финансирования выполненных работ за последние 5 лет вырос в 1,6 раза. Объем внебюджетного финансирования НИР вырос за этот период в 4,1 раза и составляет в настоящее время составляет около 70% от общего объема финансирования НИР, что отвечает поставленной Главой государства задаче о соотношении внебюджетного и бюджетного финансирования НИ(ОК)ТР.

Министерством образования Республики Беларусь БГТУ определен в качестве одного из учреждений высшего образования по реализации модели «Университет 3.0». Участие университета в данном проекте будет способствовать повышению качества образовательной и научной деятельности в соответствии с потребностями реального сектора экономики, эффективности взаимодействия науки с производством, а также развитию современной информационно-коммуникационной среды для цифровой экономики.

В настоящее время в БГТУ функционируют 53 структурных научных подразделения, включая 10 отраслевых и пять совместных научно-исследовательских лабораторий; 20 аккредитованных подразделений, испытательных лабораторий и центров; шесть научно-исследовательских лабораторий; 12 инжиниринговых центров и субъектов инновационной структуры.

В целях повышения эффективности деятельности нефтехимического комплекса Республики Беларусь, обеспечения научно-технического сопровождения стратегического развития предприятий, входящих в состав концерна «Белнефтехим», координации и оптимизации деятельности функционирующих на базе университета профильных научных структур, а также углубления сотрудничества университетов с предприятиями реального сектора экономики страны создан Республиканский научно-практический центр нефтехимических технологий и производств.

Для повышения эффективности научных исследований и качества подготовки инженерных кадров и специалистов высшей квалификации, более эффективного и рационального использования дорогостоящего и уникального оборудования функционирует Центр физико-химических методов исследования, включающий восемь лабораторий – атомно-абсорбционной спектроскопии;

инфракрасной спектроскопии; просвечивающей электронной микроскопии; анализа размеров частиц и удельной поверхности; термического анализа; хроматографии и хромато-масс-спектрометрии; рентгеноструктурного анализа; сканирующей электронной микроскопии.

В БГТУ на постоянной основе выполняются научные исследования и разработки, направленные на решение проблем охраны окружающей среды.

В 2016-2020 гг. ученые университета выполняют задания 10-ти государственных программ научных исследований «Химические технологии и материалы», «Биотехнологии», «Информатика, космос и безопасность», «Фотоника, опто– и микроэлектроника», «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии», «Природопользование и экология», «Конвергенция-2020» и другие.

В настоящее время университет выступает в качестве головной организации – исполнителя ГНТП «Леса Беларуси – устойчивое управление, инновационное развитие, ресурсы», а также подпрограммы «Гальванотехника» ГПНИ «Механика, металлургия, диагностика в машиностроении». Являюсь научным руководителем подпрограммы «Устойчивое использование природных ресурсов и охрана окружающей среды» ГНТП «Природопользование и экологические риски».

В 2018 г. выполнялись два крупных проекта со Всемирным банком в области лесного хозяйства, по результатам которых разработаны Национальные планы действий по адаптации лесного хозяйства к изменению климата, увеличению поглощения парниковых газов лесами и внедрению принципов «Зеленой экономики», Стратегия долгосрочного развития лесного хозяйства на низкоуглеродной основе.

Лучшая оценка эффективности проектов дана Главой представительства Всемирного банка в Беларуси Александром Кремером, который отметил, что «... в недавно опубликованной книге о глобальных ответных мерах на изменение климата в контексте лесного хозяйства упомянут и проект, реализуемый в этой области в Беларуси при поддержке Всемирного банка ... Нас вдохновляет, что в проекте задействованы компетентные ученые, которые работают с Министерством лесного хозяйства и готовы изучать последние технологии и технику, существующие в странах Западной Европы, направленные на минимизацию последствий изменения климата в Беларуси, а также на защиту лесов». По заявке Всемирного банка в настоящее время БГТУ подготовил в авторском исполнении и издает в англоязычной и русскоязычной версиях книгу «Экологоориентированное развитие лесного хозяйства Беларуси в условиях климатических изменений». Управлением Всемирного банка рассмотрена издаваемая книга, высказано одобрение, выражается надежда, что книга будет широко распространена в Беларуси и за рубежом.

В рамках ГНТП «Разработка и внедрение в производство новых методов, средств и технологий воспроизводства, охраны и защиты леса», созданы 208 наименований и освоено 71 вид новой научно-технической продукции.

Освоенные 21 объект инновации отличаются энерго– ресурсоэффективностью и обеспечивают значительную экономию материальных ресурсов.

В рамках НТП Союзного государства «Мониторинг – СТ» совместно с предприятием «Белгослес» разработана система показателей для оценки пожарной опасности лесных территорий по материалам космической съемки. Проведена экспериментальная проверка разработанной системы показателей на территориях тестовых полигонов исследований: ГЛХУ «Воложинский лесхоз»; ГЛХУ «Смолевичский лесхоз», ГОЛХУ «Столбцовский опытный лесхоз». Разработаны математическое обеспечение и программные средства для проведения ресурсной оценки поврежденных в результате пожаров лесных насаждений.

К наиболее важным научным результатам, полученным в 2018 году, следует отнести:

– высокоэффективный экологически безопасный препарат «Флебио-пин» для биологической защиты леса, обеспечивающий повышение продуктивности и устойчивости хвойных насаждений, а также сохранность экологических и социальных функций защищаемых лесов; использование препарата «Флебиопин» только в сосновых насаждениях позволит снизить прямой ежегодный ущерб лесному хозяйству на 5,7 млн. \$ США.

В 2018-2019 гг. выполняются 4 задания государственной научно-технической программы «Природопользование и экологические риски».

В рамках государственной научно-технической программы «Леса Беларуси – устойчивое управление, инновационное развитие, ресурсы», 2016–2020 гг., в 2018–2019 гг. учеными университета выполняются 13 заданий, направленных на решение вопросов рационального использования природных ресурсов.

Составлены таблицы динамики продуктивности и товарности модальных древостоев по 24 типам леса. Даны таблицы спелостей, возрастов рубки возрастов спелости.

Разработан порядок и последовательность сбора информации по критериям устойчивого управления лесами в системе Минлесхоза РБ.

Создана технология производства несплошных рубок главного пользования и естественного возобновления леса.

Выявлен видовой состав почвообитающих вредителей на территориях постоянных и временных лесных питомников. Проведена оценка степени заселенности и поврежденности растений в лесных питомниках лесохозяйственных учреждений вредителями–ризофагами.

Проведен скрининг современных средств защиты растений на эффективность подавления инфекций, выявлена биологическая эффективность химических и биологических защитных препаратов против инфекционного некроза ветвей ясеня.

Разработана инструкция о порядке проведения инвентаризации насаждений маточных садов и дендропарков лесхозов РБ. Созданы технологические схемы формирования маточных растений, саженцев быстро- и медленно-растущих пород в питомнике.

Разработан комплект технологий очистки лесосек и патентный формуляр. Разработаны технические задания и комплекты конструкторской документации на машины для сбора и транспортировки лесосечных отходов. Изготовлены образцы комплекса машин.

Изготовлен экспериментальный (макетный) образец универсального лесного шасси.

В 2018 году выполнялось 2 задания государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов»,

Проведены натурные обследования мест обитания диких животных и мест произрастания дикорастущих растений, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь на территории Смолевичского, Червенского районов на предмет наличия на территории данных районов диких животных и дикорастущих растений, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь.

В 2018-2019 гг. выполняются исследования по 20 заданиям государственных программ научных исследований «Природопользование и экология» и «Биотехнологии».

БГТУ в течение более 20 лет выполняет исследования в области разработки эколого-безопасных способов обращения с осадками очистных сооружений канализации (накоплено более 9 млн. т). Разрабатываются варианты обработки осадков (с использованием термогидролиза, химической, ультразвуковой обработки), в том числе совместно с некоторыми отходами, которые позволяют максимально полно использовать энергетический потенциал этих отходов и обеспечить энергонезависимость сооружений очистки коммунальных сточных вод.

Разработаны материалы и технологические решения по извлечению фосфатов в процессе обработки осадков сточных вод с использованием местных природных материалов и некоторых отходов производства, которые обеспечивает возврат в оборот до 40% фосфатов, поступающих со сточными водами на очистные сооружения канализации.

Разработаны научные основы и технологические решения по очистке формальдегидсодержащих сточных вод (биологическая, фотокаталитическая и адсорбционная очистка) производства и применения карбамидоформальдегидных смол, которые позволяют получать азотсодержащие продукты, пригодные для использования в сельском хозяйстве.

Разработаны и испытаны в производственных условиях материалы (сорбенты, ингибирующие добавки и др.) для очистки сточных вод и водоподготовки.

Результаты исследований публикуются в журналах у нас в стране и за рубежом. В университете в течение ряда лет издается научный журнал «Труды БГТУ», включающий в том

числе серии «Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов», «Химические и биотехнологии, геоэкология».

Много сделано, но еще больше предстоит сделать. Потенциал университета позволяет решать на высоком уровне как стратегические вопросы в области природопользования и охраны окружающей среды, так и конкретные практические задачи природопользователей.

Сегодня усилия ученых БГТУ направлены на развитие новых научных направлений V и VI технологических укладов, среди которых одно из ключевых – «Новые экологические технологии; использование отечественных сырьевых ресурсов для получения строительных материалов; «зеленая энергетика», возобновляемые биоресурсы.

Мы открыты к сотрудничеству со всеми, кто заинтересован в решении актуальных проблем в области природопользования и охраны окружающей среды.

УДК 502.1 (476)

А.К. Карабанов, академик, проф., д-р геол.-мин. наук,
А.Э. Томсон, доц., канд. хим. наук,
Г.А. Камышенко, канд. техн. наук

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск

ИНСТИТУТ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НАН БЕЛАРУСИ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси – одно из старейших научных учреждений страны, выполняющее комплексные геоэкологические исследования, направленные на решение проблем рационального природопользования и недропользования, охраны окружающей среды и развития технологических основ переработки твердых горючих ископаемых. Научно-исследовательская работа ведется в соответствии с приоритетным направлением научных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 годы «Экология и природопользование» и приоритетным направлением научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2016–2020 годы «Рациональное природопользование и глубокая переработка природных ресурсов».

Исследования в области охраны окружающей среды и рационального природопользования направлены на обеспечение устойчивого социально-экономического развития Беларуси, которое не может осуществляться без учета тенденций изменений окружающей среды, анализа существующих экологических проблем и своевременного выявления новых экологических угроз. Для выявления их причин и принятия необходимых управленческих решений на международном, национальном и местном уровнях проводится комплексный геоэкологический анализ воздействий на окружающую среду и происходящих природных и природно-техногенных процессов, выполняется прогнозирование их динамики, оцениваются экологические риски для населения и экосистем, определяются приоритеты природоохранной политики.

Среди основных потенциальных либо реально существующих угроз в экологической сфере выделяются деградация земель, лесов и природных комплексов, истощение минерально-сырьевых, водных и биологических ресурсов; загрязнение почв, земель, вод, недр, растительности и атмосферы. Значительная часть перечисленных геоэкологических проблем является предметом научных исследований, выполняемых учеными института.

Важное место в тематике института занимает научное сопровождение международных конвенций, разработка и экспертиза нормативных документов в области природопользования и охраны окружающей среды. С участием сотрудников института разработаны Стратегия осуществления Республикой Беларусь Конвенции ООН по борьбе с опустынивани-

ем/деградацией земель и Национальная программа по борьбе с деградацией земель, подготовлен раздел «Экологическая безопасность» Концепции национальной безопасности Республики Беларусь, утвержденной Президентом Республики Беларусь. Ежегодно готовятся и передаются в Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь национальные данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух для представления в Европейскую экономическую комиссию ООН, что обеспечивает выполнение международных обязательств по Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния.

Научно-исследовательская деятельность института ведется в рамках утвержденных на 2016–2020 годы государственных программ разного уровня, включая программы, по которым Институт природопользования НАН Беларуси определен головной организацией-исполнителем, – это государственная программа научных исследований «Природопользование и экология», подпрограмма 1 «Рациональное природопользование и инновационные технологии глубокой переработки природных ресурсов» государственной научно-технической программы «Природопользование и экологические риски», подпрограмма 3 «Мониторинг полярных районов Земли, создание белорусской антарктической станции и обеспечение деятельности полярных экспедиций» государственной программы «Наукоемкие технологии и техника», подпрограмма 3 «Обращение со стойкими органическими загрязнителями» государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2016-2020 гг. (в пределах компетенции НАН Беларуси).

В рамках геоэкологических исследований выполнена оценка динамики содержания основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе фоновых и урбанизированных территорий Беларуси за 30-летний период, что послужит информационной базой моделирования их миграции в окружающей среде. Впервые в странах СНГ выполнено обобщение по проблемам, связанным с одной из приоритетных групп загрязнителей окружающей среды, – полихлорированным бифенилам (ПХБ). Установлены региональные фоновые концентрации ПХБ в почвах различных природных ландшафтов, выполнена оценка уровня загрязнения почв ПХБ и полициклическими ароматическими углеводородами на урбанизированных территориях, в зонах локальных источников воздействия; определены факторы и закономерности формирования педогеохимических аномалий опасных химических веществ на региональном, местном и локальном уровнях.

Востребованным направлением геоэкологических исследований являются работы по оценке уровня загрязнения земель (почв и грунтов) и подземных вод тяжелыми металлами, нефтепродуктами и некоторыми другими специфическими веществами, характерными для конкретных территорий (микрорайон «Минск-Мир», птицефабрика им. Крупской, микрорайон «Лебяжий», завод искусственного волокна в г. Могилев, завод медпрепаратов в г. Минске и др.).

Для Беларуси актуальна проблема комплексного использования подземных вод, так как их качество во многих районах, крупных городах и населенных пунктах не соответствует гигиеническим стандартам из-за промышленного загрязнения, обусловленного использованием устаревших промышленных технологий для очистки вод от токсичных отходов, а также загрязнения нитратами грунтовых вод в сельской местности. Институт проводит активную научно-исследовательскую и экспертную деятельность по проблемам формирования и практического использования гидроминеральных ресурсов, по оценке и контролю качества ресурсов подземных вод хозяйственно-бытового назначения. Учеными-гидрогеологами выполнено картографическое обобщение материалов, характеризующих современное состояние подземных вод.

При участии специалистов института разработана Концепция развития потенциала реки Припять и прилегающих земель, предусматривающая рациональное использование транспортного и энергетического потенциала реки Припять, улучшение водохозяйственного баланса региона, увеличение занятости населения на прилегающих территориях. Решением Совета Министров Республики Беларусь от 04.01.2019 г. № 37/222-932/191р Концепция

направлена всем заинтересованным министерствам и ведомствам с указанием необходимости ее учета при подготовке (корректировке) государственных, региональных, отраслевых и других программ.

Среди важнейших решаемых экологических проблем современности выделяются работы по геоэкологическому обоснованию проектирования, размещения и научного сопровождения эксплуатации особо ответственных сооружений и экологоопасных объектов. Проведены работы по оценке гидроэкологических рисков, возникающих при эксплуатации карьеров, атомных станций и пунктов хранения радиоактивных отходов. Разработано обоснование выбора 4-х конкурентных площадок для размещения пункта захоронения радиоактивных отходов Белорусской АЭС, в результате их сравнения по выделенным факторам предложен пункт, отличающийся наиболее благоприятными инженерно-геологическими условиями для хранения радиоактивных отходов. Предложены рекомендации по совершенствованию сети мониторинга подземных вод в зоне влияния Белорусской АЭС. Совместно с учеными-биологами НАН Беларуси выполнены мониторинговые и комплексные инженерно-экологические исследования состояния наземных и водных экосистем в зоне размещения Белорусской АЭС, что является основой для прогнозирования влияния АЭС на окружающую среду в период ее эксплуатации и принятия соответствующих проектных и управленческих решений, обеспечивающих безопасное функционирование атомной станции.

Значимые результаты получены в области исследования урбанизированных территорий. Впервые для Беларуси разработаны концептуальная схема и типовые модели организации природных каркасов для городов различной величины и функционального типа. Для крупных и больших многофункциональных, а также промышленных городов, рекомендуется к реализации многоуровневая система ядер и экологических коридоров. Тип природного каркаса в основном определяется структурой и положением долинного комплекса рек, озер, водохранилищ, лесных, парковых массивов по отношению к городской застройке [1].

Сформулированы основные положения экологической реабилитации техногенно-нарушенных территорий в урбанизированных условиях. Проведена типизация техногенных воздействий на природные комплексы с обозначением основных признаков изменения и деградации компонентов ландшафта. Выделены типы техногенно-нарушенных и загрязненных территорий, наиболее часто встречающиеся в урбанизированных условиях в Беларуси. Разработан комплекс основных мероприятий по экологической реабилитации компонентов ландшафта, учитывающий типы и интенсивность техногенных нарушений, а также направления последующего использования территории.

Ведутся исследования, направленные на выявление причин природных и природно-антропогенных опасностей и рисков на территории республики. Предложена и апробирована методика выявления по результатам специальных наблюдений разломных зон современной активизации, относимых к классу геопатогенных зон. Выполнен системный анализ природных и природно-антропогенных опасностей и рисков на территории Беларуси, позволивший установить особенности распространения техногенных опасностей литосферного класса. Проведено комплексное исследование содержания радона в почвенном воздухе исследованных территорий, изучено распределение концентраций радона в почвенном воздухе и воздухе жилых и производственных помещений, показана связь газово-геохимических аномалий с активными разломами. Установлено, что значительная часть территории Беларуси относится к потенциально опасным по содержанию радона в почвенном воздухе [2].

Институт участвует в проведении исследований в районе горы Вечерняя в Восточной Антарктиде. Подготовленная всесторонняя оценка окружающей среды «Строительство и функционирование Белорусской антарктической станции на горе Вечерняя, Земля Эндерби» одобрена и принята международной общественностью, что является необходимым условием начала строительства в Антарктике Белорусской научной станции [3].

Традиционным направлением исследований, развиваемым на протяжении всего существования института, является химическая переработка твердых горючих ископаемых с целью производства новых импортозамещающих материалов различного назначения. Более

100 патентов и авторских свидетельств, сотни научных публикаций, многочисленные научные конференции и симпозиумы подтверждают научную и практическую значимость разработок по торфу и сапропелю для различных отраслей экономики.

Торф и сапропель являются важными природными ресурсами во многих странах мира и находят широкое применение при производстве различной продукции. Геологические запасы торфа составляют более 4 млрд т, промышленные – около 600 млн т. В Беларуси разведано более 3 тыс. месторождений сапропеля с общими запасами около 1,6 млрд т сырья.

Институт природопользования НАН Беларуси является признанным мировым лидером в исследованиях торфа и сапропеля. Разработаны критерии и выполнено районирование территории республики по объему и пригодности запасов торфа и сапропеля на торфяных месторождениях для выпуска продукции комплексного назначения. Результаты позволяют прогнозировать площади повышенной концентрации торфяных месторождений, что может быть использовано для определения целесообразности их освоения либо обоснования мероприятий по охране.

В институте успешно решаются задачи по созданию технологических основ производства новых материалов и препаратов для использования в сельском хозяйстве, топливной энергетике, химико-технологическом, природоохранном, бальнеологическом и медицинском направлениях [4]. В частности, в 2018 г. разработан ряд новых технологий производства: порошка гуминового торфяного модифицированного, сорбента эмульгированных нефтепродуктов и поверхностно-активных веществ порошкообразного гуминового, смесей дорожных технических на основе продуктов переработки торфяной золы торфобрикетных заводов «Старобинский» и «Гатча-Осовский». Разработаны принципиальная базовая технологическая схема получения в рамках крупного опытно-промышленного цеха гуминовых препаратов (регуляторов роста растений, консервантов кормов, кормовых добавок) для сельского хозяйства методами гидролиза и окисления торфа и базовый опытно-промышленный технологический регламент на их производство.

Комплексное решение проблем переработки твердых горючих ископаемых требует применения безотходных технологий использования всего сырьевого комплекса. В этом направлении осуществляется реализация ряда подходов, связанных с исследованием состава и свойств зольных отходов от сжигания каустобиолитов для разработки новых материалов, нормативно-технической документации на их производство.

В свете современных экономических и экологических проблем освоения и использования природных энергетических ресурсов актуальны научные исследования по вовлечению в энергетический баланс республики местных видов топлива, возобновляемых источников энергии.

С целью решения задач эффективного освоения ресурсов углеводородов разработаны научная концепция и методология изучения нетрадиционных источников углеводородного сырья применительно к недрам Припятского, Подляско-Брестского и Оршанского осадочно-породных бассейнов. Определены основные литологические, фильтрационно-емкостные, геохимические и структурные критерии поисков нетрадиционных источников углеводородного сырья в разнотипных низкопроницаемых глинистых, карбонатных и терригенных микроколлекторах девонских отложений Припятского прогиба. Впервые определен потенциал «сланцевых» нетрадиционных источников углеводородов и обоснованы рекомендации по приоритетным направлениям геологоразведочных работ на их поиски на основе создания полигонов отработки технологий геологического изучения перспектив нефтегазоносности. Сформированы новые представления о палеогеодинамической эволюции глубинных зон земной коры и верхней мантии Припятского и Днепровского палеорифтовых нефтегазоносных бассейнов, позволяющие повысить эффективность геологоразведочных работ.

В области получения высококалорийных энергоносителей проведены исследования по каталитическому пиролизу торфа в присутствии катализаторов солей никеля, кобальта, марганца и железа в стационарных условиях. Оценен баланс выхода продуктов термического разложения. Проведен цикл экспериментов по оценке эффективности термического

разложения бурых углей Житковичского месторождения методом каталитического пиролиза в, марганца, кобальта и никеля. Показано, что при прочих равных условиях (температура, концентрация солей металлов, скорость нагрева и др.) наблюдается тенденция к увеличению степени терморазложения органического вещества каустобиолита (торф, бурый уголь) в ряду: хлорид железа > хлорид марганца > хлориды кобальта и никеля.

Впервые проведены экспериментальные исследования по термодеструкции смесевых топлив на основе горючего сланца и бурого угля класса Б1. Установлена перспективность использования процесса пиролиза смесевых топлив, что открывает возможность расширения отечественной сырьевой базы за счет включения в нее твердых топлив (торф, неогеновые бурые угли, горючие сланцы, углеводородсодержащие отходы) и получения на основе переработки их смесей таких энергоносителей как высококалорийная смола и горючий газ [5].

Результаты научно-технической деятельности в обязательном порядке проходят этап освоения и внедрения в производство. Так, по разработанной технологии получения сорбционных материалов на основе торфа, предназначенных для ликвидации аварийных разливов нефти на воде и почве, наработана опытно-промышленная партия экологически чистого сорбента, который успешно использован в условиях Антарктиды в районе базирования Белорусской полярной станции при ликвидации локальных загрязнений территории нефтепродуктами. В 2014 году в Гомельской области (г.п. Лельчицы) построен цех по производству сапропелевых кормовых добавок проектной производительностью более 10 тыс. т продукции в год. Проведены комплексные исследования по обоснованию возможности получения в промышленных объемах продуктов из торфяного сырья месторождения «Гуршевка-Чертово» Крупского района с разработкой технико-экономического обоснования целесообразности строительства горно-химического комбината по глубокой переработке торфа. В настоящее время в рамках инновационной деятельности институтом совместно с филиалом «Экспериментальная база Свислочь» активно ведутся работы по созданию экспериментальной пилотной установки и усовершенствованию технологии получения комплексных органоминеральных гранулированных удобрений пролонгированного действия на основе торфа. В 2018 г. разработан лабораторный технологический регламент производства удобрений с заданными характеристиками, на лабораторном стенде наработана опытная партия удобрений.

По разработкам института на предприятиях страны производится экспортоориентированная и импортозамещающая продукция (удобрительные смеси и питательные грунты, регуляторы роста растений и др.), ее объем в 2018 г. превысил 1,4 млн руб.

В представленной публикации приведены основные результаты геоэкологических исследований, что не исчерпывает весь перечень разработок в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, полученных в последние годы в Институте природопользования НАН Беларуси.

Список использованных источников

1. Хомич В.С., Какарека С.В., Кухарчик Т.И. и др. Эколого-географические исследования урбанизированных территорий Беларуси // Природопользование. – 2018. – № 1. – С. 26–45.
2. Матвеев А.В., Карабанов А.К., Автушко М.И. Радон в геологических комплексах Беларуси. – Минск: Беларуская навука, 2017. – 136 с
3. Kakareka S., Kukharchyk T., Loginov V. Construction and Operation of Antarctic Research Stations. An Experience of Comprehensive Environmental Evaluation – Minsk: StroyMediaProekt, 2016. – 278 p.
4. Лиштван И.И., Томсон А.Э., Бамбалов Н.Н., Наумова Г.В., Бровка Г.П., Курзо Б.В., Ракович В.А. Исследования по торфу и сапропелю Института природопользования НАН Беларуси на службе экономики Республики Беларусь // Природопользование. – 2018. – № 1. – С. 6–25.
5. Лиштван И.И., Дударчик В.М., Крайко В.М. Получение высококалорийного газа утилизацией полимерных отходов совместным пиролизом с торфом // Альтернативные источники сырья и топлива : сб. 2018. Вып. 3. С. 3–10.

С.А. Дубенок, А.Ю. Кулаков, А.В. Пахомов
Республиканское унитарное предприятие
«Центральный научно-исследовательский институт
комплексного использования водных ресурсов», Минск

НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧ ЦЕЛИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ 6 В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В 2015 г. резолюция A/RES/70/1 Генеральной Ассамблеи ООН от 25 сентября 2015 г. утвердила новую повестку дня в области устойчивого развития на период 2016-2030 гг. – «Преобразование нашего мира: повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» (Повестка-2030), которая вступила в действие с 1 января 2016 г. [1].

Повестка – 2030 принята в развитие Целей в области развития, провозглашенных в Декларации тысячелетия (ЦРТ), согласованных на Саммите тысячелетия в 2000 г. в Нью-Йорке. В рамках ЦРТ поставлены конкретные задачи по борьбе с нищетой, голодом, болезнями, неграмотностью и ухудшением состояния окружающей среды и по расширению прав и возможностей женщин, которые должны быть достигнуты к 2015 г. В отношении водоснабжения и санитарии соответствующие задачи в рамках ЦРТ предусматривали сокращение наполовину к 2015 г. доли населения, не имеющего доступа к безопасной питьевой воде.

Повестка-2030 является всеобъемлющим документом, представляющим собой, по сути, план действий для 193 государств, которые взяли обязательства обеспечивать устойчивый и поступательный экономический рост, сокращение неравенства и социальную интеграцию, защиту окружающей среды.

Повесткой-2030 определены 17 Целей в области устойчивого развития (ЦУР) и 169 соответствующих задач (от 2 до 20 в рамках каждой ЦУР), из которых четыре ЦУР прямо отвечают задачам охраны окружающей среды и рационального природопользования:

- ЦУР 6 «Обеспечение наличия и рациональное использование водных ресурсов и санитарии для всех»;
- ЦУР 13 «Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями»;
- ЦУР 14 «Сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития»;
- ЦУР 15 «Защита, восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное управление лесами, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биологического разнообразия» [1].

Еще целый ряд ЦУР также имеют экологический аспект (ЦУР 11, ЦУР 2, ЦУР 3), соответственно, ряд задач в рамках этих ЦУР, закреплены за Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (Минприроды) целиком или совместно и иными республиканскими органами государственного управления.

В свою очередь, поскольку цели устойчивого развития являются глобальным планом действий, для сопоставимой оценки прогресса достижения их странами в рамках каждой из задач ЦУР существует система оценочных показателей (индикаторов). Для осуществления мониторинга ЦУР и формирования национальной отчетности странам предлагается либо использовать международные индикаторы, либо на их основе разрабатывать национальные показатели с учетом специфики страны (прокси).

Принятие Повестки-2030 потребовало от всех государств пересмотра и конкретизации национальных планов и механизмов достижения устойчивого развития общества с учетом ЦУР.

В Республике Беларусь в 2017 г. начата активная фаза работ по реализации ЦУР.

В целях формирования четкого механизма реализации Повестки-2030 и осуществления общей координации деятельности по достижению ЦУР Указом Президента Республики

Беларусь от 25.05.2017 г. № 181 «О национальном координаторе по достижению целей устойчивого развития» [2] принято решение о назначении заместителя Председателя Совета Республики Национального собрания Республики Беларусь Марианны Щёткиной Национальным координатором по достижению Целей устойчивого развития.

Под руководством Национального координатора в 2017 г. сформирован Совет по устойчивому развитию (Совет), в который вошли представители 38 госорганов и организаций, определенных ответственными за реализацию ЦУР. В структуре Совета созданы межведомственные рабочие группы по трем основным направлениям: экономическому, социальному, экологическому, которые возглавили заместители руководителей соответствующих профильных министерств. Предусмотрена возможность привлечения к работе Совета представителей общественных объединений и международных организаций. Национальный координатор организует в рамках Совета рассмотрение различных аспектов выполнения ЦУР и ежегодно докладывает Президенту Республики Беларусь и Правительству о прогрессе выполнения ЦУР.

Национальным координационным центром по созданию механизмов сотрудничества и мониторингу достижения ЦУР выступает Национальный статистический комитет Республики Беларусь (Белстат).

Для активной имплементации ЦУР на национальном уровне и вовлечения всех заинтересованных в реализацию ЦУР за различными органам госуправления в соответствии с компетенцией закреплены задачи по реализации ЦУР.

Поскольку прогресс по реализации каждой из задач ЦУР определяется совокупностью нескольких оценочных показателей (индикаторов), возникает необходимость имплементации международных методик их определения, а при невозможности – формирование национальных методик. Необходима также разработка национальных механизмов по мониторингу отчетности за их выполнением (определение ответственных за их подготовку, контроль за их выполнением и предоставление соответствующей отчетности).

Суммарно для Республики Беларусь актуальными являются 225 показателей по различным задачам в рамках 17 ЦУР, при этом из международной методологии отчетности может применяться 131 показатель и 94 показателя необходимо национализировать (разработать прокси).

В результате в части охраны окружающей среды и рационального природопользования за Минприроды закреплено более 20 задач в рамках семи ЦУР, содержащих более 30 различных оценочных показателей (индикаторов) в разных компонентах природной среды.

Основной целью устойчивого развития, ориентированной на рациональное использование водных ресурсов, является ЦУР 6 «Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех».

В рамках ЦУР 6 определено 8 задач и соответствующие индикаторы для оценки прогресса достижения поставленных задач, причем за Минприроды, совместно с иными республиканскими органами госуправления, закреплены четыре задачи из восьми в рамках ЦУР 6: 6.3, 6.4, 6.5 и 6.6. Для каждой задачи для оценки успешности ее реализации установлено по 2 показателя (индикатора).

Распределение ответственности при формировании показателей в рамках указанных задач ЦУР 6 приведено в таблице.

На международном уровне определено 11 индикаторов для оценки вышеперечисленных задач ЦУР 6, при этом все они признаны актуальными для Республики Беларусь, соответственно, должны использоваться для мониторинга на национальном уровне.

РУП «ЦНИИКИВР» в 2018 г. при поддержке Организация экономического сотрудничества и развития (ОСЭР) в рамках регионального проекта международной технической помощи «Водная инициатива Европейского Союза плюс для стран Восточного партнерства» (проект ВИЕС+), проведена работа по формированию национальных показателей (индикаторов) по достижению задач 6.3–6.5 ЦУР 6.

**Таблица – Распределение ответственности при формировании показателей
в рамках указанных задач ЦУР 6**

Показатели (индикаторы), определенные на национальном уровне для оценки прогресса достижения задач ЦУР 6	Ответственный за формирование показателя
<i>ЗАДАЧА 6.1.</i> К 2030 году обеспечить всеобщий и равноправный доступ к безопасной и недорогой питьевой воде для всех	
6.1.1 Доля населения, пользующегося услугами водоснабжения, организованного с соблюдением требований безопасности	Белстат
<i>ЗАДАЧА 6.2.</i> К 2030 году обеспечить всеобщий и равноправный доступ к надлежащим санитарно-гигиеническим средствам и положить конец открытой дефекации, уделяя особое внимание потребностям женщин и девочек и лиц, находящихся в уязвимом положении	
6.2.1.1 Доля населения, пользующегося услугами санитарии, организованной с соблюдением требований безопасности	Белстат
<i>ЗАДАЧА 6.3.</i> К 2030 году повысить качество воды посредством уменьшения загрязнения, ликвидации сброса отходов и сведения к минимуму сбросов опасных химических веществ и материалов, сокращения вдвое доли неочищенных сточных вод и значительного увеличения масштабов рециркуляции и безопасного повторного использования сточных вод во всем мире	
6.3.1 Доля безопасно очищаемых сточных вод	Минприроды, Белстат
6.3.2.1 Доля поверхностных водных объектов, которым присвоен «хороший» и выше экологический (гидробиологический) статус	Минприроды
<i>ЗАДАЧА 6.4.</i> К 2030 году существенно повысить эффективность водопользования во всех секторах и обеспечить устойчивый забор и подачу пресной воды для решения проблемы нехватки воды и значительного сокращения числа людей, страдающих от нехватки воды	
6.4.1 Динамика изменения эффективности водопользования	Минприроды, Белстат
6.4.2 Интенсивность использования запасов пресной воды (водный стресс)	Минприроды, Белстат
<i>ЗАДАЧА 6.5.</i> К 2030 году обеспечить комплексное управление водными ресурсами на всех уровнях, в том числе, при необходимости, на основе трансграничного сотрудничества	
6.5.1 Степень внедрения комплексного управления водными ресурсами (от 0 до 100)	Минприроды
6.5.2 Доля площади трансграничных водных бассейнов, в отношении которых действует механизм трансграничного водного сотрудничества	Минприроды
<i>ЗАДАЧА 6.6.</i> К 2020 году обеспечить охрану и восстановление связанных с водой экосистем, в том числе гор, лесов, водно-болотных угодий, рек, водоносных слоев и озер	
6.6.1.1 Изменение площади водных объектов	Госкомимущество, Минприроды
<i>ЗАДАЧА 6а.</i> К 2030 году расширить международное сотрудничество и поддержку в деле укрепления потенциала развивающихся стран в осуществлении деятельности и программ в области водоснабжения и санитарии, включая сбор поверхностного стока, опреснение воды, повышение эффективности водопользования, очистку сточных вод и применение технологий рециркуляции и повторного использования	
6а.1 Объем официальной помощи в целях развития, выделенной на водоснабжение и санитарии в рамках координируемой государственной программы расходов	Минжилкомхоз, Минздрав, Минприроды, Минфин, Минэкономики
<i>ЗАДАЧА 6б.</i> Поддерживать и укреплять участие местных общин в улучшении водного хозяйства и санитарии	
6б.1 Доля местных административных единиц, в которых действуют правила и процедуры участия граждан в управлении водными ресурсами и санитарией	Международные организации (ВОЗ; ЮНЕП; ОЭСР)

Предварительный анализ шести показателей (индикаторов) задач 6.3–6.5 ЦУР 6 показал, что пять из них могут использоваться на уровне международной методологии и один показатель (6.3.2.1) необходимо изложить в виде прокси (адаптированный к национальному законодательству).

В результате разработаны методики по расчету шести показателей (6.3.1, 6.3.2.1, 6.4.1, 6.4.2, 6.5.1 и 6.5.2) по задачам 6.3– 6.5 ЦУР 6.

Разработанные методики согласованы с Белстатом и интегрированы в информационную систему государственного водного кадастра (ГВК) в виде информационного раздела «Расчет показателей ЦУР 6 «Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех» для автоматизации их расчета и последующего размещения на Национальной платформе представления отчетности по ЦУР (Постановление Национального собрания от 20.12.2017 №172-СР 6/III), а глобальные показатели по мере запроса

будут представлены кастоидиальным агентствам в рамках международной отчетности Республики Беларусь по ЦУР.

Рассмотренные показатели задач 6.3–6.5 ЦУР 6 также необходимо использовать в качестве индикаторов эффективности выполнения задач в области использования и охраны вод в разрабатываемых НСУР-2035 [3], в Стратегии в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2035 года и других стратегических документах.

Например, основные цели разработанного в 2018 г. проекта Стратегии управления водными ресурсами с учетом адаптации к изменению климата на период до 2030 года полностью увязаны с задачами ЦУР 6.

Ряд показателей предлагается дополнительно включить в качестве индикаторов в отраслевые программы:

– показатель 6.3.1 может быть дополнительно включен в ГП «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2016-2020 годы;

– показатели 6.3.2.1, 6.4.2 могут быть включены в ГП «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2016–2020 годы».

Запуск процесса регулярного мониторинга за прогрессом выполнения рассматриваемых показателей внесет заметный вклад в улучшение информационного обеспечения принятия управленческих решений, в том числе по своевременному выполнению задач 6.3–6.5 ЦУР 6 в Республике Беларусь, как составной части водной стратегии и политики социально-экономического развития страны.

Список использованных источников

1. Интернет источник: http://unctad.org/meetings/en/SessionalDocuments/ares70d1_ru.pdf / Дата доступа: 06.05.2019

2. Указ Президента Республики Беларусь от 25.05.2017 г. № 181 «О национальном координаторе по достижению целей устойчивого развития»

3. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25 мая 2018 г. № 392 «О разработке проекта Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года».

СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ. ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ

УДК 620.95

В.Н. Марцунь, доц., канд. техн. наук; О.А. Белый, доц., канд. техн. наук
БГТУ, г. Минск

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА, ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Сельскохозяйственное производство в Беларуси является одной из важнейших отраслей экономики, обеспечивает продовольственную безопасность страны и обладает значительным экспортным потенциалом. В то же время, активное развитие этого сектора связано со значительными экологическими проблемами. Животноводческие комплексы, птицефабрики являются источниками загрязнения окружающей среды, производят большое количество органических отходов. Их количество оценивается в 80 млн. тонн в год и сопровождается:

– загрязнением атмосферного воздуха. Сектор «Сельское хозяйство» является вторым по величине выбросов парниковых газов в Республике Беларусь. Выбросы от данного сектора составляют 26,2 % общих национальных выбросов парниковых газов. Основными загрязнителями выступают метан, закись азота, аммиак, сероводород и другие вещества, образующиеся в процессе жизнедеятельности животных, а также от систем хранения и удаления навоза;

– загрязнением почв при внесении минеральных и органических удобрений. Воздействием атмосферных осадков приводит к загрязнению грунтовых и поверхностных вод.

Дополнительную экологическую нагрузку оказывают отходы переработки сельскохозяйственной продукции и пищевой промышленности, такие как сыворотка, свекольный жом, отходы убойных цехов и пр.

Проблемы сельскохозяйственного сектора, связанные с образованием отходов, в дальнейшем будут усугубляться. Согласно Программе развития аграрного бизнеса на 2016–2020 годы (Постановление Совета Министров Республики Беларусь № 196 от 11 марта 2016 года), объемы продукции животноводства должны вырасти к 2020 году на 18,3 %, что повлечет за собой увеличение объемов отходов, а значит и нагрузки на окружающую среду.

Следует заметить, что развитие сельского хозяйства Беларуси идет по пути концентрации производства и укрупнения хозяйств. Производством свинины сегодня занимаются 112 комплексов по выращиванию и откорму свиней (с мощностью от 4,5 до 105 тыс. голов), 55 птицефабрик (от 70 до 1420 тыс. голов), 668 комплексов по выращиванию КРС с поголовьем более 1000 голов.

На рисунке 1 представлены крупнейшие свиноводческие комплексы (более 30 тыс. голов), комплексы по выращиванию КРС (более 5 тыс. голов) и птицефабрики (более 200 тыс. голов) в Республике Беларусь.

Негативное воздействие на окружающую среду органических отходов сельскохозяйственных предприятий может быть снижено в процессе их переработки с применением биогазовых технологий. Биогаз, получаемый в процессе переработки органических отходов, пригоден для сжигания в энергетических установках. Очищенный до качества природного газа (метана), он может быть подан в газораспределительные сети, а также поставлен на экспорт.

Биогазовые технологии повсеместно используются в развитых странах, однако широко распространения в Беларуси не получили [1].



Рисунок 1 – Крупнейшие свиноводческие комплексы (более 30 тыс. голов), комплексы по выращиванию КРС (более 5 тыс. голов) и птицефабрики (более 200 тыс. голов)

Энергетический потенциал отходов животноводства в Республике Беларусь, рассчитанный на основании данных о выходе биогаза при анаэробном сбраживании отходов животноводства, имеющемся поголовье данных видов, энергоёмкости получаемого биогаза, составляет в среднем более чем 2 млн. т.у.т. В таблице 1 приведен энергетический потенциал отходов животноводства, образующихся в Республике Беларусь.

Таблица 1 – Энергетический потенциал отходов животноводства в Республике Беларусь

Вид животных	Поголовье, 2016 год, тыс.	Выход навоза в сутки, кг/голову	Влажность навоза, %	Выход биогаза (м ³ /кг сухого вещества)	Годовой потенциал, млн. т.у.т.
КРС	4233	30	85	0,25–0,34	1,35–1,86
Свиньи	2751	5	80	0,34–0,58	0,26–0,47
Птица	36300	0,12	75	0,31–0,62	0,113–0,214
Итого:	–	–	–	–	1,72–2,54

Несомненным и часто не учитываемым преимуществом использования биотехнологий при переработке биоорганики является получение качественных удобрений. Проведенные исследования [2] свидетельствуют, что использование анаэробной переработки отходов животноводства в биогазовых комплексах позволяет увеличить урожайность обрабатываемых сельскохозяйственных культур на 15–20 %. При этом снижается уровень загрязненности биоудобрения возбудителями болезней, что позволяет снизить пестицидную нагрузку на окружающую среду, а при длительном применении биоудобрений – отказаться от их использования.

В процессе дальнейшего развития биоэнергетики все более важным становится требование экономической целесообразности каждого биогазового проекта. Особенностью биоэнергетического сектора является наличие целого ряда экологических факторов, которые должны учитываться в процессе обоснования экономической эффективности (рисунок 2).

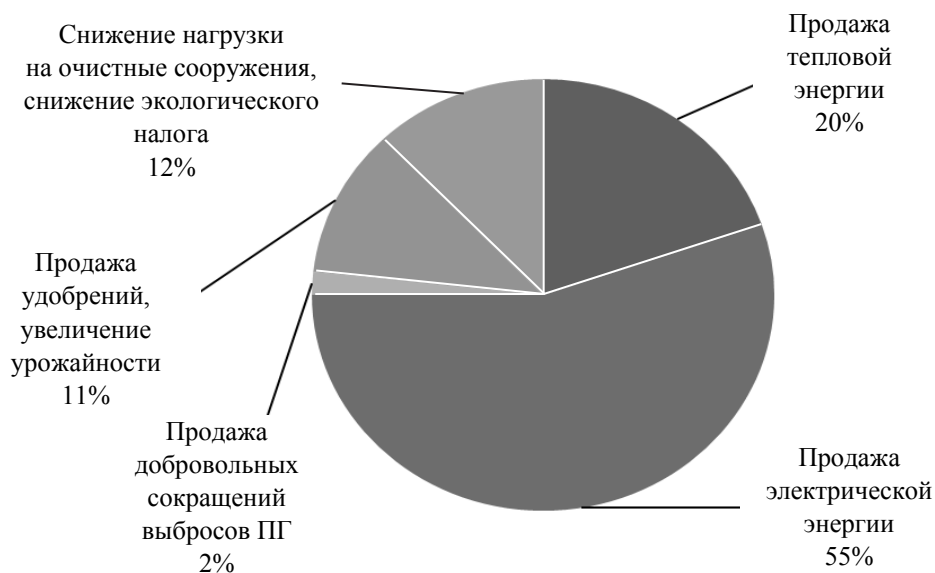


Рисунок 2 – Структура доходов от переработки 1 т биомассы анаэробным методом

При оценке проектов в области биоэнергетики [3] следует учитывать все возможные источники доходов от функционирования установки. Помимо продажи вырабатываемой электрической и тепловой энергии это реализация получаемых удобрений, повышение урожайности возделываемых площадей, снижение нормы вносимых гербицидов на обрабатываемые земли и пр.

Одним из видов возобновляемых ресурсов являются осадки очистных сооружений канализации. В процессе очистки образуются два основных вида осадков – сырой осадок и избыточный активный ил. Ежегодно образуется более 170 тысяч тонн осадков (в пересчете на сухую массу). В настоящее время по данным государственной статистической отчетности на объектах хранения в Республике Беларусь накоплено более 9,4 млн. тонн осадков. Площадь иловых площадок, на которых находятся осадки коммунальных очистных сооружений, в 3–5 раз превышает площадь полигонов твердых коммунальных отходов. Осадки очистных сооружений канализации в Беларуси практически не используются ни по одному из известных и апробированных на практике направлений.

В последние 15 лет общемировой тенденцией является использование таких технологий обработки осадков, которые максимально реализуют их энергетический потенциал. Для сырого осадка (сухая масса) теплота сгорания составляет до 20 МДж/кг, при влажности 70% – до 5 МДж/кг; для избыточного активного ила – до 18 МДж/кг, при влажности 70% – до 3,5 МДж/кг. Анаэробное сбраживание осадков позволяет получить биогаз с теплотой сгорания около 25 МДж/м³. Использование технологий, повышающих выход биогаза, обеспечивающих повышение содержания в нем метана (ферментативный гидролиз, ультразвуковая обработка, микроволновое облучение и др.) увеличивает энергетическую эффективность процесса и позволяет практически полностью покрыть потребность очистных сооружений канализации в тепловой и электрической энергии.

Список использованных источников

1. Белый, О.А., Бернацкий, А.Е., Завьялов, С.В. Возобновляемая энергетика – основа будущей экономической и экологической безопасности страны // Энергетика и ТЭК, № 9 (162), 2016 г.
2. Рекомендации по использованию биоудобрений (полученных на основе отходов биогазовых установок крупных животноводческих комплексов) при внесении их мобильным транспортом с организацией природоохранных мероприятий. – Брест: Альтернатива, 2013. – 54 с.
3. Бернацкий, А.Е. Оценка экологических и агротехнических факторов при экономическом обосновании биогазовых проектов // Энергоэффективность, №7 (237), 2017 г.

А.Л. Наркевич, канд. техн. наук;
О.И. Карпович, доц., канд. техн. наук; А.В. Спиглазов, доц., канд. техн. наук;
Е.И. Кордикова, доц., канд. техн. наук; А.Ф. Петрушеня, канд. техн. наук;
О.М. Касперович, доц., канд. техн. наук; А.Н. Калинка; Г.Н. Кравченя
БГТУ, г. Минск

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ТАРЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

В настоящее время, в связи со все более возрастающими объемами захоронения отходов на полигонах остро ставится вопрос об увеличении доли использования отходов – это по отношению к их обезвреживанию или захоронению при условии соблюдения требований законодательства об охране окружающей среды и с учетом экономической эффективности является приоритетным согласно Закону Республики Беларусь «Об обращении с отходами» от 20.07.2007 г. №271-З, а использованные изделия, содержащие в своем составе полимерные материалы, потенциально являются ценным вторичным сырьем.

Представленные результаты выполнены в рамках задания 2.2.3 подпрограммы II ГНТП «Природопользование и экологические риски», 2016-2020 гг. «Разработать и освоить технологию получения транспортной тары (поддоны и контейнеры) на основе полимерсодержащих отходов аккумуляторных батарей»

Полимерсодержащие отходы, образующиеся в ОАО «Белцветмет» при разделке аккумуляторных батарей с целью извлечения свинца, относятся к смешанным полимерным отходам потребления и производства и представляют собой две отдельные фракции:

– фракция, состоящая в основном полипропилена, из которого были изготовлены корпуса аккумуляторных батарей, включающая некоторое количество полиэтилена, полиэтилентерефталата и бумаги (наклейки на корпуса) (далее – ФПП); эта фракция выполняет роль матричного полимера;

– фракция, состоящая в основном из сшитого полиэтилена, который применяется во внутреннем устройстве аккумулятора, а также сетки сепаратора, части корпуса (далее – ФПЭ); эта фракция рассматривается как наполнитель.

Переработка ФПП не представляет технологических трудностей, однако, на предприятии образуется достаточное количество ФПЭ, который переработке с сохранением материальной составляющей практически не подвергается, но может выполнять роль наполнителя к матричному полимеру на основе ФПП. Компоненты в композиции из таких материалов имеют более низкие механические свойства и устойчивость к старению по сравнению с соответствующими первичными полимерами, вследствие реакций деструкции и сшивания, неизбежно происходящих в них под действием различных факторов, таких как повышенная температура, механические нагрузки, воздействие УФ-излучения, кислорода воздуха и т. д.; они утрачивают свои эксплуатационные характеристики, и из них, а тем более из их смеси, невозможно изготовить полноценный продукт, сопоставимый по качеству с продуктом из первичного полимера. **Использование таких отходов для производства изделий и материалов традиционными методами обычно затруднена, поэтому используют комбинации и модификации известных методов переработки. Ранее [1] была оценена возможность применения метода формования изделий прессованием из предварительно пластицированной заготовки, на основе указанных отходов.**

Цель работы – разработать технологию получения транспортной тары (поддоны и контейнеры) на основе полимерсодержащих отходов аккумуляторных батарей.

Для достижения цели исследования решали ряд задач:

- исследовать композиции на основе указанных полимерсодержащих отходов, предложить рецептуры с модифицирующими (функциональными) добавками;
- разработать технологическую схему процесса формования изделий;

- предложить модели и произвести по ним расчет технологических параметров процесса формования изделий;
- выполнить обзор оборудования, необходимого для осуществления процесса;
- разработать техническое задание на закупку оборудования;
- разработать варианты конструкций изделий;
- разработать конструкторскую документацию на основное и вспомогательное технологическое оснащение;
- осуществить проверку адекватности моделей расчета технологических параметров и выполнить, при необходимости, их корректировку.

Метод, применяемый для разработки технологии, характеризуется следующими экономическими и технологическими достоинствами [2]:

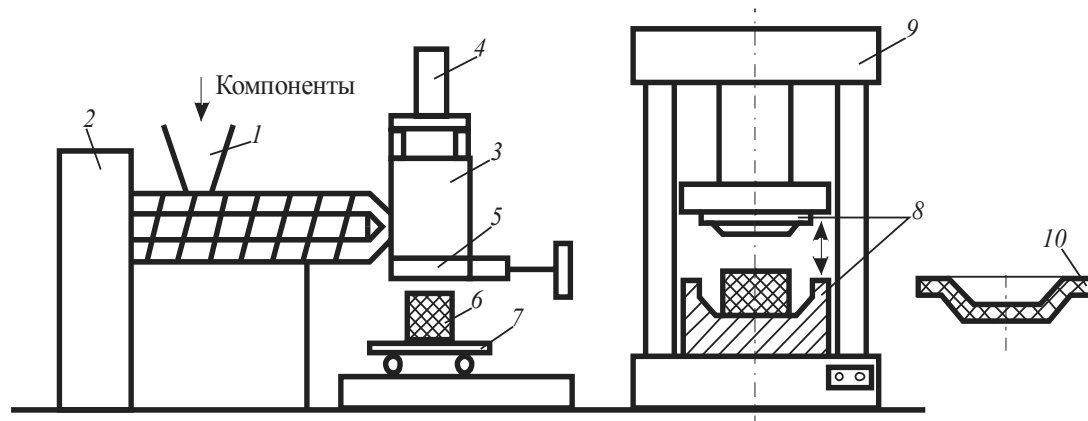
- высокая производительность (время цикла соизмеримо с циклом литья под давлением и существенно меньше, чем при прямом прессовании);
- снижение транспортных расходов на доставку полуфабриката;
- гибкость в отношении компонентов и состава КМ и получаемых изделий;
- высокая степень однородности совмещенной композиции;
- более низкое повреждающее воздействие на волокна и дисперсные частицы наполнителей при пластикации композиции и формообразовании изделий;
- возможность формирования гибридных структур, оптимальных по критериям жесткости и прочности изделия;
- возможность нанесения защитных и декоративных покрытий;
- малые отходы и возможность их переработки на месте, на том же оборудовании;
- более низкие энергозатраты по сравнению с изготовлением изделий из гранулированных или листовых пресс-материалов (за счет исключения стадии изготовления гранул или листов);
- сокращение термического воздействия на матричный полимер за счет только однократного нагрева материала;
- низкие усилия прессования, за счет этого – снижение материалоемкости формообразующей оснастки (по сравнению с литьем под давлением) и затрат на ее изготовление и восстановление;
- снижение износа червяка экструдера-пластикатора и формообразующих деталей пресс-формы;
- применение стандартного основного оборудования (экструдер и пресс) и низкая удельная стоимость средств технологического оснащения.

Технологический процесс пласт-формования (рисунок 1) включает следующие стадии:

- ввод композиции в экструдер;
- пластикацию в экструдере с накоплением дозы;
- формирование заготовки;
- перемещение и укладка заготовки в форму;
- деформирование заготовки (формообразование изделия);
- охлаждение в форме;
- извлечение изделия.

Метод пласт-формования пригоден для получения изделий из термопластичных композиций на основе полимерсодержащих отходов. В то же время параметры процесса нуждаются в экспериментальной отработке и оптимизации по критериям энергоемкости и производительности. Применение вторичных материалов требует восстановления их свойств. Выполнен обзор направлений по модифицированию композиций на основе полипропилена введением модифицирующих добавок. Показано, что использование полимерных отходов в качестве вторичного сырья возможно после проведения их предварительной стабилизации и модификации, с целью регулирования и восстановления, утерянных ими в процессе переработки и эксплуатации свойств: термостабилизатор и светостабилизатор – для компенсации

воздействия соответствующих внешних факторов при переработке и эксплуатации, смазывающая добавка – снижает прилипание и трение на взаимодействующих поверхностях между полимерным материалом и технологическим оборудованием.



1 – дозирующее устройство; 2 – экструдер; 3 – накопитель; 4 – гидроцилиндр; 5 – заслонка; 6 – заготовка; 7 – приемное устройство; 8 – пресс-форма; 9 – гидравлический пресс; 10 – изделие

Рисунок 1 – Схема технологического процесса пласт-формования

Получены образцы листовых материалов с различными модифицирующими добавками методом прессования предварительно пластицированной заготовки в лаборатории технологии композиционных материалов БГТУ. Проведены испытания по определению физико-механических и технологических характеристик полученных композиций. Выработаны основные рекомендации для составления рецептов для производства продукции на основе исследуемых полимерсодержащих отходов по результатам исследования модифицированных композиций. Показано, что размер частиц наполнителя (ФПЭ) влияет на механические характеристики композиции: с увеличением размера характеристики прочности снижаются, поэтому изделий, в которых важно отношение прочности к массе, необходимо применять более мелкую фракцию, что увеличит время измельчения, в остальных случаях – достаточно будет применения фракции с крупными частицами. Также выявлены определенные диапазоны, в которых лежат характеристики получаемых композиций, что позволяет характеризовать эти материалы и давать рекомендации по их применению.

При назначении параметров технологического процесса необходимо учитывать следующие аспекты относительно подготовительных, формующих и завершающих стадий технологического процесса.

Для оптимизации производительности формующего процесса группа стадий, выполняемых с помощью экструдера (пластикация в экструдере с накоплением дозы и формирования заготовки), и группа стадий, выполняемых с использованием пресса (перемещение и укладка заготовки в форму, деформирование заготовки, охлаждение в форме, извлечение изделия), должны осуществляться циклически и параллельно. Процесс второй группы можно отнести к периодическому, однако, процесс пластикации материала целесообразно производить практически непрерывно, а остановка вращения шнека экструдера может быть только на время формирования заготовки во избежание деструкции полимера в полости материального цилиндра экструдера. Поэтому необходима согласованность указанных выше двух групп стадий формирования.

Подготовительные процессы должны обеспечивать бесперебойную работу формующего процесса, поэтому запас сырья, пригодного для пластикации, должен быть не менее, чем на одну рабочую смену [3].

Операции завершающих процессов являются менее критичными и могут выполняться параллельно с операциями формования, а также допускать временное складирование отформованных изделий.

В технологических расчетах учитывали нелинейный характер течения композиции.

К наиболее энергоемким процессам при изготовлении изделий из таких композиций следует отнести пластикацию – перевод композиции в расплавленное состояние. На основе геометрических характеристик пастикатора и параметров степенного закона течения композиции получены рабочие характеристики экструдеров в зависимости от диаметра червяка и температуры в зоне дозирования. Даны рекомендации о назначении температурных режимов переработки отходов в пластицированную заготовку.

Оценивали усилие, необходимое для раздавливания заготовки заданного объема до требуемой толщины, учитывая неоднородность материала и возможные отклонения условий формообразования от номинальных. Получены зависимости усилия прессования заготовки от объема при различных значениях конечной толщины изделия. Показано, что усилие существенно зависит от конечной толщины изделия.

Производительность процесса пласт-формования определяется двумя основными факторами – производительностью пластикации композиции и продолжительностью охлаждения изделия в форме, которые должны быть согласованы. Получены зависимости времени цикла от толщины изделия и его температуры при съеме. Необходимая производительность пастикатора (червячного экструдера) определяется отношением массы изделия ко времени цикла.

Проведенные технологические расчеты позволят подбирать основное технологическое оборудование в зависимости от ассортимента и конструкций изделий, а также от объема их производства. В результате анализа обзора технологического оборудования для реализации процесса производства продукции сформированы перечни показателей качества для каждой единицы. В итоге сформулировано техническое задание на закупку технологического оборудования. Предложено размещение производственных участков для реализации цикла производства транспортной тары.

Предложенный для производства поддон предназначен для хранения и перевозки катанки (заготовка с поперечным круглым сечением) в бухтах, контейнер – предназначен для сбора, хранения и транспортирования отработанных аккумуляторных батарей от места сбора до перерабатывающего предприятия. Обзор аналогов показал разнообразие конструктивных решений, которые зарекомендовали себя в практике использования пластиковых поддонов. Эти решения можно использовать при проектировании поддона для медной катанки и контейнера, комбинируя или модифицируя эти решения. Выявили основные направления технического развития конструкций: использование ребер жесткости, сборных конструкций и применение усиливающих (металлических) элементов. Выработаны требования к изделиям. Предложены варианты изделий. Особенности конструкции, обусловленные технологическими требованиями, такие как технологические уклоны, стенки, радиусы закруглений, углубления, выступы, ребра жесткости и торцы изделий назначены в соответствии с рекомендациями для проектирования изделий из пластмасс [4]. Исследовано поведение конструкций в условиях, близких к условиям эксплуатации проводили путем нагружения электронных моделей изделий. Оптимизацию конструкций проводили, изменяя конструкцию и количество ребер, толщину стенки транспортной тары. Разработана соответствующая конструкторская документация на поддон, состоящий из четырех одинаковых деталей, и контейнер.

Предложенные для производства и разработанные изделия имеют ряд конструктивных элементов (стенки, ребра жесткости, бобышки, отверстия и т.д.). Наличие данных элементов существенно усложняют процесс формования. При назначении усилия деформирования заготовки необходимо знать, будет ли его достаточно для формования отдельных конструктивных элементов заданных размеров. При формовании таких элементов определяющими являются процессы вязкого течения композиции в неизотермических условиях (в процессе течения композиция охлаждается). Рассмотрен процесс затекания расплава композиции, подчиняющегося степенному закону в капилляр. Результаты эксперимента показывают, что материалы на основе отходов обладают достаточно хорошей формуемостью,

т. е. из материалов на основе данных отходов возможно получение различных конструктивных элементов, а предложенная модель расчета может быть применима для расчета речимов, необходимых для получения стенок требуемой высоты и толщины.

Разрабатываемый в данных исследованиях процесс формования изделий из предварительно пластицированной заготовки (пласт-формование) имеет явления, схожие с такими достаточно давно и широко применяемыми методами переработки полимерных материалов как литье под давлением и прессование: заполнение полости формы пластиком, его охлаждение в замкнутой форме, извлечение отформованного изделия из формы [4]. Это сходство дает основание использовать накопленный опыт в проектировании и конструировании соответствующей формообразующей оснастки и ее элементов для указанных выше двух известных методов при разработке элементов конструкции пресс-форм, предназначенных для пласт-формования. Надо указать, что при литье под давлением заполнение полости (литье) происходит при закрытой форме, что требует соответствующей литниковой системы, которая при пласт-формовании не требуется. Разработанная оснастка имеет систему выталкивания и охлаждения. Разработанные изделия не усложнены резьбовыми поверхностями и поднутрениями, поэтому дополнительных подвижных элементов в форме не предусмотрено. Рекомендуется выполнять матрицы и пуансоны сплошными, т.к. они более надежные, но в данной разработке эти крупногабаритные детали целесообразно делить на элементы для обеспечения технологичности конструкции, т.к. изготовление формообразующих деталей является наиболее трудоемкими. Для образования локальных рельефных элементов формуемых деталей используются знаки и вставки. Требуемые в формуемых изделиях сквозные отверстия целесообразно не оформлять вообще или оформлять частично, т.к. для выбранного метода пласт-формования сквозные отверстия и отверстия-поднутрения нельзя выполнять без применения дополнительных устройств, удорожающих пресс-форму: здесь, в отличие от литья под давлением, форма смыкается после размещения в ней материала, и как только материал соприкоснется с поверхностью знака, который должен оформить противоположный конец отверстия, то произойдет отверждение материала на торце знака, т.е. будет неизбежен облой между торцом знака и противоположной полуформой. Поэтому сквозные отверстия будут получаться механической обработкой на специальных кондукторах. Возможно нанесение разметки расположения центра будущего отверстия при формовании изделия. Выработаны требования и даны рекомендации для конструирования элементов пресс-форм, предназначенных для прессования крупногабаритных изделий, преимущественно плоской формы относительно простой конфигурации.

Показано, что наиболее целесообразной конструкцией элемента, который подает заготовку из экструдера будет система, содержащая экструзионную головку, в частности предложена прямоточная обогреваемая головка. Распределительный канал выполнен в форме «рыбий хвост», что позволяет обеспечить равенство расхода по ширине выходной щели. Применен наклон головки чтобы расплав не имел местных разрывов на нижней или верхней части пластика при перемещении.

Разработанное дозирующее как система из четырех отдельных шнековых дозаторов с индивидуальными приводами: два для основных компонентов, два – для добавок. Геометрические параметры шнеков, мощность приводов подбирались с учетом требуемой производительности по компонентам и добавкам.

Разработана рабочая конструкторская документация на основное и вспомогательное технологическое оснащение.

Формообразующая оснастка для производства транспортной тары являются крупногабаритными, сложными и дорогостоящими элементами средств технологического оснащения. Поэтому для отработки отдельных технических решений (конструктивных и технологических) получали в лаборатории БГТУ макеты изделий на спроектированных комплектующих средствах испытания и экспериментальной технологической оснастки. Получены макеты изделий, имеющие в своей конструкции высокие стенки, ребра жесткости, местные утолщения и с различной системой выталкивания. Произведены расчеты технологических

режимов получения макетов и сравнение с экспериментально полученными данными. Результаты показали адекватность ранее предложенных конструктивных решений и расчетных схем для прогнозирования параметров технологического процесса.

По результатам опытно-технологических работ составлен лабораторный технологический регламент как исходный документ для разработки опытно-промышленного регламента для этапа освоения продукции в производство. Результаты проведенных работ будут использоваться при назначении технологических режимов и при разработке технологической документации для производства продукции – транспортной тары (поддонов и контейнеров).

Результаты проведенных работ будут использованы при освоении производства транспортной тары в ОАО «Белцветмет», а также могут быть использованы в разработках и при организации производства изделий по аналогичной технологии из полимерсодержащих отходов с высокой вязкостью, в том числе наполненных, смешанных и загрязненных.

Список использованных источников

1. Карпович, О. И. Физико-механические свойства композиционных материалов на основе полимерсодержащих отходов ОАО «Белцветмет» / О. И. Карпович, А. Л. Наркевич, Е. З. Хрол, А. Ф. Петрушеня, Я. И. Поженко // Труды БГТУ. Химия, технология органических веществ и биотехнология. № 4 (177). – Мн.: БГТУ, 2015. – С. 78–82.

2. Ставров, В.П. Формообразование изделий из композиционных материалов. – Минск: БГТУ, 2006. – 482 с.

3. Ревяко, М.М. Оборудование и основы проектирования предприятий по переработке пластмасс: учеб. для студентов учреждений высшего образования по специальности «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий» / М.М. Ревяко, О.М. Касперович, А.Ф. Петрушеня. – Минск: БГТУ, 2017. – 395 с.

4. Ревяко, М.М. Расчет и конструирование пластмассовых изделий и форм: учеб. для студентов учреждений высшего образования по специальности «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий» / М.М. Ревяко, О.М. Касперович – Минск: БГТУ, 2012. – 432 с.

УДК 541.183

И.И. Лиштван, А.М. Абрамец, Ю.Г. Янута
Институт природопользования НАН Беларуси

ГУМИНОВЫЕ ПРЕПАРАТЫ НА ОСНОВЕ КАУСТОБИОЛИТОВ И ПРОДУКТОВ ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Гуминовые вещества (ГВ) играют исключительную роль в жизни природы и человека. Благодаря, использованию ГВ в инженерной экологии стали понятными и оправданными возможности этого класса природных полимеров и препаратов на их основе как инструмента, позволяющего решить широкий спектр проблем охраны окружающей среды. ГВ – это широкий класс соединений, которые выполняют необходимые посреднические функции между живым и минеральным миром. Так, темная окраска ГВ прямо связана с регулированием теплового режима почв и климата планеты в целом. Полифункциональность ГВ обеспечивает им доминирующую роль в аккумуляции и миграции ионов металлов в почвах и наземных ландшафтах. Специфическая гидрофильность и молекулярная структура определяют их уникальность как структурообразователей почв, регулятора их воздушного и водного режимов, средств для рекультивации территорий, нарушенных хозяйственной деятельностью человека и др. [1,2].

В современных условиях мировая экономика становится единым хозяйством со всеми вытекающими последствиями, вследствие чего от любой страны (в том числе, и нашей)

требуется активное участие в международной кооперации, концентрации усилий по реализации эффективных проектов, имеющих перспективу коммерциализации на базе передовых достижений науки и техники. В связи с этим экспортная ориентация есть тот отправной момент, который обеспечивает равноправное международное экономическое и технологическое сотрудничество. К экологоориентированным проектам в полной мере можно отнести технологии по воссозданию устойчивых агроэкосистем на территориях, нарушенных хозяйственной деятельностью человека (включая пустынные территории), с использованием мелиоративных препаратов (почвоулучшителей) на основе торфа, сапропелей, лигнина, бурого угля, других видов регионального органического сырья. При этом предметом экспорта становятся не только материалы, а целый комплекс передовых технологий, обеспечивающих мелиоративное («зеленое») обустройство безжизненных территорий. Одновременно среди природных ископаемых органогенного происхождения торф, сапропель, лигнин, бурые угли составляют основу сырьевых ресурсов Республики Беларусь, что, естественно, обязывает ученых изыскивать новые методы их переработки.

Гуминовые кислоты (ГК) – базовый компонент ГВ. Как природные полимеры, они представляют собой широкий класс гомологов, которые состоят из соединений, отличающихся структурой, составом, количеством и топографией молекулярных фрагментов. В зависимости от генезиса сырья, степени его метаморфизма в ГК могут преобладать как низкомолекулярные, так и высокомолекулярные соединения с разным содержанием алифатических и ароматических фрагментов, функциональных групп. Поэтому ГК, выделенные из разных видов сырья, отличаются по составу и свойствам. При обезвоживании и сушке структура фрагментов ГК также претерпевает существенную трансформацию с изменением как состава активных центров ассоциатов ГК, так и физико-химических свойств препарата в целом. Высокая емкость обмена ГК открывает широкие возможности для производства на их основе ионообменных сорбционных материалов, предназначенных для очистки сточных и технологических вод от ионов тяжелых металлов [3, 4].

Специфический конгломерат свойств липофильно-гидрофильной структуры ГК обеспечивает данному классу природных полимеров перспективу использования их в качестве селективного сорбента неполярных углеводородов в природных средах [5].

Высокая гидрофильность ГВ каустобиолитов открывает практически неограниченные возможности разработки на их основе ионообменных мелиоративных материалов для рекультивации территорий, нарушенных хозяйственной деятельностью человека, и, прежде всего, территорий загрязненных тяжелыми металлами, радионуклидами [3–5], т. е. процессы комплексообразования ГК с ионами поливалентных металлов фактически определяют как технологию получения гуминовых препаратов (ГП) избирательного действия, так и область их практического использования.

ГВ широко распространены в биосфере. Существование и развитие биосферы тесно связаны с их накоплением. Более 60 % от общего количества углерода на Земле находится в форме гуминовых соединений. Сам термин «ГВ» является собирательным, а вещества, входящие в эту группу, обладают значительным разнообразием как по химическому составу, так и по свойствам [6–8].

Разработан технологический процесс получения фракций ГК, который является постадийным. Блок-схема процесса представлена на рис. 1.

Следует сделать оговорку, что в нем не предусмотрена стадия обезбитуминизирования исходного сырья. Проведение ее связано с дополнительными затратами, что приводит к удорожанию конечного продукта. На первом этапе торфяное сырье, предварительно сепарированное от грубых включений, подвергают гидролизу. Процесс гидролиза может проводиться в одну или две стадии. При одностадийном проведении процесса торфяное сырье непосредственно подвергается гидролизу раствором гидроксида натрия. При двухстадийном проведении процесса торфяное сырье предварительно обрабатывается раствором соляной кислоты. Это снижает зольность ГК и увеличивает их выход. На второй стадии торф, обработанный кислотой, подвергают щелочному гидролизу. Для гидролиза целесообразно использовать 5 % раствор NaOH,

в массовом соотношении торф: раствор NaOH равном 1:100. Гидролиз проводят при температуре 20 °С в течение 3 часов. Для перемешивания может быть использована тихоходная мешалка. По завершении гидролиза пульпа поступает на разделение. С целью интенсификации процесса разделения целесообразно использовать центрифугу. Фугат подают в емкость-накопитель, а кек поступает в реактор, куда подается порция раствора щелочи. Фугат представляет собой щелочной гидролизат ГК. Поэтому на блок-схеме для упрощения процесса они обозначены как раствор Na-соли ГК. Для перевода ГК в нерастворимое состояние в фугат при перемешивании вводят 0,5 н раствор HCl, доводя pH раствора до 10. При достижении pH раствора, процесс перемешивания продолжают до установления равновесного состояния системы.

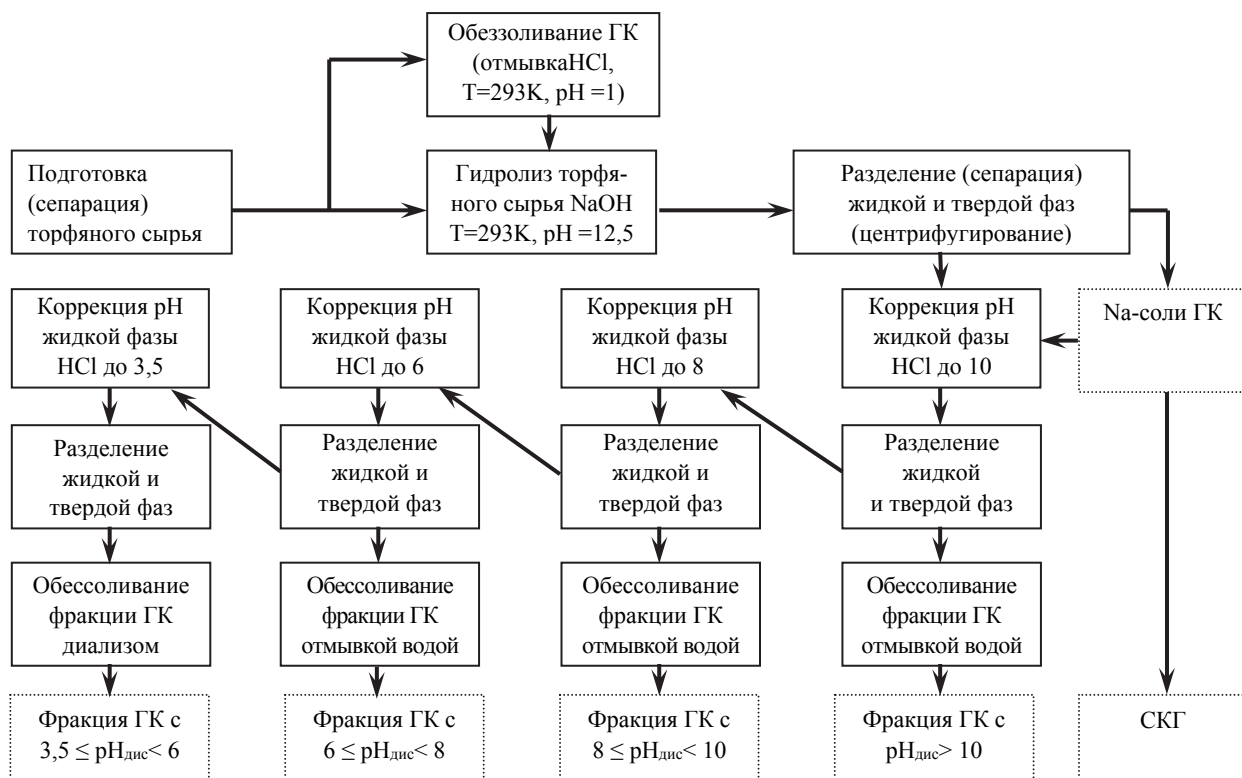


Рисунок 1 – Блок-схема технологического процесса получения фракций ГК из торфяного сырья

Исследована степень диссоциации фракций ГК в зависимости от pH среды (рис. 2).

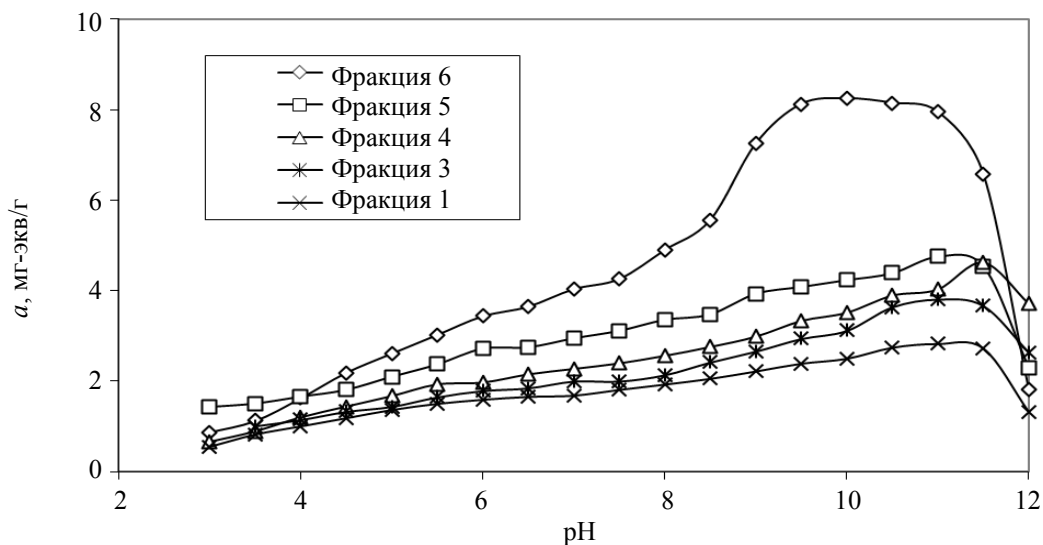


Рисунок 2 – Изменение степени диссоциации фракций ГК в зависимости от pH раствора

Рост степени диссоциации фракций ГК с увеличением рН раствора можно объяснить переходом растворов ГК из коллоидного состояния в истинный раствор, что увеличивает способность функциональных групп ГК к обменному процессу и повышает реакционную способность фрагментов ГК. Из полученных данных (рис. 1) следует, что содержание диссоциированных функциональных групп во фракциях коррелирует с содержанием кислорода в составе ГК (табл. 1).

Таблица 1 – Элементный состав фракций ГК

Номер фракции	Элементный состав органической массы, %					Н/С
	С	Н	N	S	О	
1	65,4	8,0	2,6	0,9	23,1	1,47
2	63,2	7,6	2,7	0,9	25,6	1,43
3	62,1	7,3	2,5	0,9	27,2	1,41
4	61,0	6,3	1,4	0,9	30,4	1,23
5	60,7	6,2	1,3	1,0	30,8	1,22
6	57,9	5,7	1,2	1,0	34,2	1,19

Значение С/Н; максимально для фракции № 6 и минимально для фракции № 1, содержащей минимальное количество кислорода (кислородсодержащих функциональных групп).

Переход на местные виды топлива снижает зависимость Республики Беларусь от цен на энергоносители. Одной из проблем, с которой сталкиваются предприятия, использующие в качестве топлива торфяное сырье, является накопление зольных продуктов, образующихся при его сжигании. Разработка эффективных способов утилизации данных продуктов с получением новых материалов позволяет производить на основе данных источников вторичных ресурсов новые материалы, снизить экологические платежи.

Важным параметром при разработке ряда материалов, составным компонентом в которых выступает торфяная зола, является гранулометрический состав.

Изучение механической прочности крупных частиц показало, что в основном это материал природного происхождения с высокой механической прочностью и незначительной пористостью. Высокая механическая прочность создает предпосылки для использования в качестве компонентов смесей для дорожного строительства.

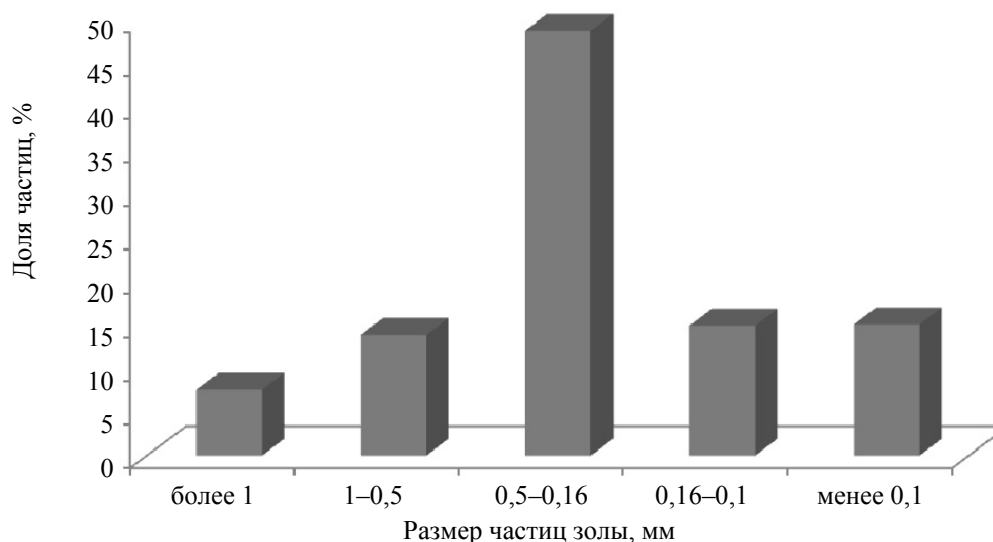


Рисунок 3 – Гранулометрический состав золы уноса

По результатам гранулометрических исследований видно, что зола уноса имеет высокую дисперсность. Данный факт позволяет рекомендовать ее к использованию в качестве компонента мелиоративных препаратов.

Изучена подвижность катионов Ca, Mg и Fe при выщелачивании их из образцов золы кислотой в статических условиях. Исследования показали, что образец является седиментационно-неустойчивым. С этой целью для перемешивания образца использовали магнитную мешалку. Пробу выдерживали в течение 24 часов при периодичном перемешивании содержимого стакана для установления динамического равновесия. По истечении указанного времени образец разделяли фильтрованием, в фильтрате определяли рН, концентрацию катионов Ca, Mg и Fe (таблица 2).

Таблица 2 – Вымываемость катионов Ca²⁺, Mg²⁺, Fe³⁺ и Fe_(общ.) раствором хлористоводородной кислоты из свежобразованной золы ряда предприятий Республики

Номер образца	С _{НСЛ} , моль/л	рН	Вымываемость, мг/г			
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe _(общ.)	Fe ³⁺
1	0,1	9,58	17,50	1,50	0,022	0,015
2		12,87	25,00	3,00	0,02	0,015
3		11,60	15,00	4,50	0,025	0,015
4	1,0	3,91	40,00	3,00	7,30	5,00
5		5,95	30,00	6,00	7,80	5,00
6		4,00	52,00	9,00	6,40	4,15

Заключение (выводы)

1. Исследованы коллоидно-химические свойства водных растворов солевых форм каустобиолитов и разработана технология их фракционирования для получения ГК с требуемыми свойствами: по ионообменной активности, элементарному составу. Обоснованы требования использования фракций ГК для очистки технологических, сточных вод от ионов ТМ, создания геохимических барьеров как депрессоров их миграции с поверхностными водами в почве, грунтах; экспериментально подтверждено, что сорбционная активность ГК к катионам металлов коррелирует с величиной их ионного потенциала.

2. Разработаны технологические основы производства ряда гуминовых порошкообразных препаратов на основе каустобиолитов, модифицированных природными минеральными материалами, для рекультивации техногенно нарушенных территорий (засоленных), т.е. откосов автодорог, борьбы с ветровой эрозией деградированных почв.

3. Установлено, что ГВ и препараты на их основе выполняют функции комплексообразователей катионов тяжелых металлов, мелиорантов, а также регуляторов водных свойств дисперсных материалов, процессов переноса поровой влаги в них, т.е. представляют экологосовместимые мелиоранты пустынных территорий, позволяющие решать вопросы зеленого их обустройства, а ГП отечественного производства являются несомненно перспективными для их экспорта в аридные зоны;

4. Показано что в процессе энергетического использования каустобиолитов образуется ряд минеральных производных (зола, шлак), которые по свойствам представляют собой вторичное сырье как носитель макро и микроэлементов в агротехнологиях и одновременно в оксидной форме обладают вяжущими свойствами, т.е. перспективны в дорожном строительстве и др. технологиях.

Список использованных источников

1. Лиштван, И. И. Физико-химическая механика гуминовых веществ, Наука и техника / И.И. Лиштван, Н.Н. Круглицкий, В.Ю. Третинник. Минск, 1976. – 264 с.
2. Горовая, А.И. Гуминовые вещества. Строение, функции, механизм действия, протекторные свойства, экологическая роль / А.И. Горовая, Д.С. Орлов, О.В. Щербенко. Под ред. И.И. Лиштвана, Наук, думка, Киев, 1995.-260 с.
3. Янута, Ю.Г. Способ получения композиционного гранулированного гуминового сорбента тяжелых металлов на минеральном носителе: пат. 10647 Респ. Беларусь / Ю.Г. Янута [и др.] // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. Уласнасці, 2008. № 3. – С. 74.

4. Лиштван, И.И. Способ получения гуминового сорбента для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов: пат. 10662 Респ. Беларусь / И.И. Лиштван [и др.] // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці, 2008. Вып. 3. – С. 74.
5. Пат. 970002 РБ, 1999.
6. Пигулевская, Л.В. Исследование химического состава гуминовых кислот на различных стадиях формирования торфа / Л.В. Пигулевская [и др.] // Исследования по технологии, механической и химической переработки торфа. Минск, 1972. – С. 165–169.
7. Попов, А.И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование / А. И. Попов. СПб, 2004. – 248 с.
8. Попова, Л.П. Исследование химического состава фракций торфяных гуминовых кислот: автореф. дис. ... к. х. н / Л.П. Попова. Калинин, 1969. – С. 18.

УДК 632.15

Л.Н. Москальчук¹, Т.Г. Леонтьева²

¹ Белорусский государственный технологический университет

² Государственное научное учреждение «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» Национальной академии наук Беларуси

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ И ВЫБРОСЫ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»: ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ДЕГРАДАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ СОЛИГОРСКОГО И ПРИЛЕГАЮЩИХ РАЙОНОВ

Введение. Основным направлением деятельности ОАО «Беларуськалий» является добыча и переработка сильвинитовой руды для получения хлористого калия и других продуктов различного назначения. Промышленные отходы от переработки сильвинитовой руды на ОАО «Беларуськалий» представлены двумя основными видами – твердыми галитовыми отходами, содержащими 92–95% хлористого калия, и глинисто-солевыми шламами, представленными суспензией частиц хлористого калия, хлористого натрия и нерастворимого (глинистого) осадка в насыщенном растворе данных солей. Ежегодно, при существующем объеме производства на ОАО «Беларуськалий» образуется 16–20 млн т галитовых отходов и 1,5–2,0 млн т глинисто-солевых шламов (ГСШ), для складирования которых на сегодня отведено более 2,0 тыс. га плодородных сельскохозяйственных земель. В настоящее время общее количество складированных на территории Солигорского горно-промышленного региона промышленных отходов составляет более 1 млрд. т [1].

Существенную роль в загрязнении окружающей среды в Солигорском горно-промышленном регионе играют также пылегазовые выбросы обогатительных фабрик. Основное количество данных выбросов образуется в процессе сушки и гранулирования концентрата калия, а также на ТЭС, которые имеются на 1-4 рудоуправлениях ОАО «Беларуськалий». Данные процессы сопровождаются значительными выбросами диоксида серы, диоксида азота, оксида углерода, хлористого калия и других загрязнителей, которые негативно воздействуют на атмосферу, почву, водные объекты, животный и растительный мир, как вблизи расположения предприятий, так и на значительном расстоянии от них [2].

Следует отметить, что Старобинское месторождение калийных солей расположено в зоне избыточного увлажнения. Следовательно, атмосферные осадки вследствие растворения в них солей являются постоянным источником образования рассолов (растворов с повышенным содержанием солей калия и натрия).

Расположенные на поверхности земли промышленные отходы ОАО «Беларуськалий» и выбросы обогатительных фабрик отрицательным образом сказываются на состоянии лесных экосистем и вызывают загрязнение объектов окружающей среды (воздух, водные бассейны, почвы), включая растительный и животный мир.

Лесные и сельскохозяйственные почвы Старобинского лесхоза подвержены химическому загрязнению рассолами солевых вывалов и шламохранилищ, а также дымовыми пылегазовыми выбросами обогатительных фабрик. Особенно сильное воздействие на почву могут оказать рассолы, засоляющие сельскохозяйственные земли хлоридами в случае прорыва дамб обвалования. Так согласно данным локального мониторинга [2] высокие значения концентраций хлорид-ионов (максимальная концентрация – 138506 мг/дм³) и минерализации воды (до 224010 мг/дм³) наблюдались в скважинах подземных вод вблизи солевых вывалов и шламохранилищ рудоуправлений ОАО «Беларуськалий». Отметим, что предельно допустимая концентрация хлоридов составляет 350 мг/дм³, минерализации – 1000 мг/дм³ (согласно СанПиН 10-124 РБ 99), по которому проводится оценка качества вод на государственной сети наблюдений за качеством подземных вод.

Высокий уровень загрязнения сельскохозяйственных почв и подземных вод хлоридами отмечается в местах хранения крупнотоннажных отходов: солевых вывалов и шламохранилищ рудоуправлений ОАО «Беларуськалий». Высокое содержание солей калия и натрия в почве отрицательно сказывается на качестве почвенного гумуса, от свойств и характеристик которого в значительной степени зависит плодородие всех типов почв. Характерной особенностью гумуса засоленных почв является его высокая подвижность по сравнению с незасоленными. Засоление почв хлоридами сильно отражается и на состоянии почвенно-поглощающего комплекса. Увеличение содержания солей натрия и калия неблагоприятно сказывается на росте и развитии древесных растений, что, в итоге, приводит к снижению их продуктивности и биологической устойчивости.

Основная часть. В ходе почвенного обследования территории Старобинского лесхоза, выполненного 1-ой Минской лесоустроительной экспедицией РУП «Белгослес» в 1975 г. и последующих материалов и результатов почвенных обследований (2004 г. и 2010 г.) на землях лесхоза отмечены следующие процессы почвообразования: 1) дерново-подзолистые; 2) дерново-карбонатные полугидроморфные; 3) дерново-подзолистые полугидроморфные; 4) болотные почвы низинного, переходного и верхового типа; 5) пойменные дерновые карбонатные и оподзоленные [3].

Дерново-подзолистые автоморфные почвы незначительно распространены на территории лесхоза (8,0%). Они приурочены к повышенным хорошо дренированным участкам с достаточно глубоким залеганием грунтовых вод и встречаются повсеместно на территории лесхоза. Дерновые полугидроморфные почвы занимают 16,3% территории и встречаются отдельными контурами на всей территории лесхоза. Дерново-подзолистые полугидроморфные почвы преобладают на территории лесхоза (39,4%). Данный тип почв приурочен к пониженным элементам рельефа и нижним частям склонов и встречается повсеместно. Торфяно-болотные почвы низинного типа болот занимают 23,7% территории и распространены на землях всех лесничеств. Типичные торфяно-болотные почвы низинного типа болот занимают 6,2% территории и распространены во всех лесничествах. Мелиорированные торфяно-болотные почвы низинного типа занимают 5,5% территории и встречаются во всех лесничествах. Мелиорированные выработанные торфяно-болотные почвы низинного типа занимают 5,5% и приурочены к бывшим торфоразработкам в Старобинском, Величковском и Сковшинском лесничествах.

Дерново-подзолистые почвы района используются в основном под пашню. Дерново-подзолистые песчаные почвы имеют рыхлое сложение, что обуславливает их большую водопроницаемость и малую влагоёмкость. Естественное плодородие таких почв низкое и при использовании их в сельском хозяйстве необходимо внесение достаточного количества минеральных и повышенных доз органических удобрений.

Кроме того, нами изучены и проанализированы данные почвенно-картографических материалов и результатов 1, 2 и 3 туров почвенных обследований сельскохозяйственных почв по Солигорскому району за период с 1965 по 2005 гг. В результате исследований установлено, что за истекший период качество почв и структура сельскохозяйственного землепользования существенно изменились. Имело место изменение физико-химических свойств почв

района, а также изменилось распределение почв всех сельскохозяйственных почв целом и в частности пахотных земель по генетическому типу и гранулометрическому составу, возросла доля временно избыточно увлажнённых и заболоченных сельскохозяйственных почв [4]. Полученные данные свидетельствуют о значительном влиянии промышленных выбросов ОАО «Беларуськалий» и накопившихся отходов данного предприятия на экологическое состояние лесных и сельскохозяйственных почв Солигорского района.

Леса ГЛХУ «Старобинский лесхоз», как и все леса Республики Беларусь, разделены на I и II группы. К первой группе относятся леса, выполняющие следующие функции:

– леса, имеющие особое экологическое значение, расположенные на особо охраняемых природных территориях: а) леса памятников природы республиканского значения; б) леса заказников республиканского значения;

– леса, выполняющие санитарно-гигиенические и оздоровительные функции: а) леса лесопарковых частей зеленых зон вокруг городов и других пунктов; б) леса лесохозяйственных частей зеленых зон вокруг городов и других населенных пунктов;

– леса, выполняющие защитные функции: а) защитные полосы лесов вдоль железнодорожных линий шириной до 500 м в каждую сторону от оси крайнего железнодорожного пути; б) защитные полосы лесов вдоль республиканских автомобильных дорог до 250 м в обе стороны от оси дороги;

– водоохраные леса: а) запретные полосы лесов по берегам рек, озер, водохранилищ и других объектов.

Ко второй группе лесов отнесены леса, которые не вошли в первую группу (эксплуатационные леса). Эксплуатируемые леса второй группы являются основным источником удовлетворения потребностей народного хозяйства и населения района в древесине. Имеют защитное, большое водоохранное и климатообразующее значение.

Существующее на момент настоящего лесоустройства разделение лесов на группы и категории защитности соответствует естественно-историческим и экономическим условиям, защитному, эстетическому и эксплуатационному значению лесов. Памятники природы республиканского значения на территории Старобинского лесхоза выделены в отдельную категорию защитности. Краткая характеристика ГЛХУ «Старобинский лесхоз» приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика структуры ГЛХУ «Старобинский лесхоз»

Наименование лесничества	Общая площадь тыс. га.	В том числе покрытая лесом	Мастерских участков	Обходов лесника
Величковичское	10934.2	8088.6	3	11
Гаврильчицкое	9264.9	8362.4	3	9
Гоцкое	9976	8705.5	3	9
Драчевское	7602.5	6857.9	2	9
Краснослободское опытно-производственное	9506	8844.6	3	12
Листопадовичское	8215.6	7416.9	2	10
Новотерушское	8336	7658.7	2	9
Сковшинское	9445.2	6765.8	2	9
Старобинское	8229.4	7413.3	2	10
Хоростовское	11723	9589.4	2	11
Ясковичское опытно-производственное	7067	6542.6	2	10

Как видно из таблицы 1 по состоянию на 01.01.2016 года площадь Старобинского лесхоза составляет 100300 га, в том числе покрытая лесом 86247 га. В состав лесхоза входит 11 лесничеств, 26 мастерских участков, 109 обходов лесника.

Лесные земли в лесном фонде Старобинского лесхоза занимают 90,7%, а нелесные – только 9,3%. Характеристика лесных ресурсов представлена распределением покрытых

лесом земель и запасов насаждений по группам возраста и группам пород, также это распределение покрытых лесом земель по полнотам, по классам бонитета, по типам леса, по типам лесорастительных условий в зависимости от группы пород, которые включают в себя преобладающие породы.

Таблица 2 – Распределение площадей Старобинского лесхоза по видам земель

Показатель лесного фонда	Площадь, га
Общая площадь	100 300
Лесные земли, в том числе:	90 534
Покрытые лесом, в том числе:	86 475
– лесные культуры	16 893
Не покрытые лесом, в том числе:	2 380
– вырубки	987
– прогалины	1 379
– погибшие насаждения	14
– не сомкнувшиеся лесные культуры и питомники;	1 679
Нелесные земли, в том числе:	9 316
– пахотные	156
– луговые	385

Лесные экосистемы являются одним из главнейших факторов стабилизации экологического состояния всех окружающей среды (воздух, водные бассейны, почвы) так как принимают на себя воздействие вредных антропогенных и природных факторов. Ухудшение экологического состояния лесов приводит не только к потере источника ценного сырья, но и в ряде случаев к нарушению экологического равновесия в регионе.

Устойчивое состояние природных комплексов региона во многом зависит от состава и структуры лесных насаждений, и также от эффективности выполнения ими экологических функций. Ухудшение состояния лесных насаждений, частичная или полная их гибель в результате воздействия антропогенных и неблагоприятных природных факторов, обычно негативно отражается на состоянии всех природных экосистем, в т.ч. и прилегающих районов [5].

Санитарное состояние насаждений Старобинского лесхоза удовлетворительное, большинство очагов болезней и вредителей леса находится в затухающем состоянии. Отмечено более 1436 га поврежденных лесных насаждений, из них 922 га (64 %) повреждены болезнями и вредителями леса. Из 1436 га поврежденных насаждений лесхоза 641 га (45 %) повреждено корневой губкой.

В таблице 3 приведены данные о гибели лесных насаждений ГЛХУ «Старобинский лесхоз».

Таблица 3 – Данные о гибели лесных насаждений ГЛХУ «Старобинский лесхоз».

Причина гибели	Всего, га	В том числе хвойных, га
Болезни леса	208,4	205,0
Антропогенные факторы:		
от воздействия неблагоприятных погодных условий	19,1	17,2
изменения гидрологического режима	45,0	–
лесные пожары	123,2	119,0
Итого	395,7	341,2

По данным лесоустройства 2010 года (таблица 3) по различным причинам, включая антропогенные факторы погибло около 396 га лесных насаждений. По причине повреждения насаждений корневой губкой на площади 205,0 га (52%) проведены сплошные санитарные рубки, которые проводились обоснованно на участках, требующих их проведения в связи с неудовлетворительным состоянием насаждений. Экологические показатели состояния лесов Старобинского лесхоза приведены в таблице 4.

Как видно из данных таблицы 4 на 2010 год площадь деградирующих насаждений составила 271 га, в том числе с нарушенной устойчивостью 266 га.

Кислородопродуктивность характеризует санирующие функции лесов и связана с текущим приростом древесины и соответствующим ему запасом ассимилирующей фитомассы (биомассы). Сумма значений кислородопродуктивности по преобладающим породам определяет кислородопродуктивность насаждений объекта в целом. Общая кислородопродуктивность лесов Старобинского лесхоза возросла на 40,1%, что можно объяснить увеличением размера текущего прироста древостоев лесхоза.

Таблица 4 – Экологические показатели состояния лесов

Показатели	Значение
Покрытые лесом земли: всего, га, в том числе:	86426
– основными лесообразующими породами.	
Общий запас, тыс. м ³ , в том числе:	15138,2
основных лесообразующих пород	
Средняя продуктивность древостоя, м ³ /га	176
Деградирующие насаждения всего, га, в том числе:	271
– с нарушенной устойчивостью (II класс биологической устойчивости);	266
– утратившие устойчивость (III класс биологической устойчивости);	5
Общий запас сухостоя на покрытых лесом землях, тыс. м ³	37,5
– в том числе на 1 га, м ³ .	0,4
Общий запас захламленности, тыс. м ³	25,3
– в том числе на 1 га, м ³ .	0,3
Фитомасса, тыс. т	12981,3
Кислородопродуктивность, тыс. т	257,9
Углерододепонирующий эффект, тыс. т	6238,0

На всей территории лесхоза учтено 37,5 тыс. м³ сухостойного леса и 25,3 тыс. м³ захламленности. Суммарный объем сухостоя и захламленности составляет 62,8 тыс. м³ или 0,4% от общего древесного запаса лесов Старобинского лесхоза.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что лесные почвы и экосистемы Старобинского лесхоза и сельскохозяйственные почвы Солигорского района подвержены значительному влиянию промышленных выбросов и отходов ОАО «Беларуськалий», складированных на земной поверхности в результате многолетней хозяйственной деятельности данного предприятия.

Согласно данным локального мониторинга очень высокие значения концентраций хлорид-ионов (максимальная концентрация – 138506 мг/дм³) и минерализации воды (до 224010 мг/дм³) наблюдались в скважинах подземных вод вблизи солеотвалов и шламохранилищ рудоуправлений ОАО «Беларуськалий». Сравнительный анализ имеющихся данных показывает, что в данных местах имеет место значительное превышение допустимых норм содержания хлоридов натрия и калия в грунтовых водах и более чем в тысячу раз.

На территории ГЛХУ «Старобинский лесхоз» наиболее распространенными типами почв являются: 1) дерново-подзолистые; 2) дерново-карбонатные полугидроморфные; 3) дерново-подзолистые полугидроморфные; 4) болотные почвы низинного, переходного и верхового типа; 5) пойменные дерновые карбонатные и оподзоленные.

Установлено, что за прошедший период (с 2000 г.) в результате болезней погибло 208,4 га лесных насаждений (причины гибели не установлены). За анализируемый период также имело место гибель лесов по антропогенным причинам на площади 19,1 га и вследствие изменения гидрологического режима 45,0 га лесных насаждений.

Кроме того, анализ материалов лесоустройства (таблица 4), проведенного в 2010 году свидетельствует, что площадь деградирующих насаждений составила 271 га, в т. ч. с нарушенной биологической устойчивостью насаждений на площади 266 га (II класс биологической устойчивости).

Следует отметить, что согласно данным Государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» преобладающим направлением ветра в районе г. Солигорска является западное направление (22,5 %), которое вместе с юго-западным и северо-западным составляет более 47 %, а скорость передвижения воздушных масс в данном регионе составляет более 61 км/ч, что обуславливает интенсивный перенос частиц и пыли галитовых отходов (солей натрия и калия), складированных на поверхности земли, на лесные экосистемы Старобинского лесхоза и других прилегающих лесных массивов (Любаньский лесхоз).

Следует заключить, что для установления масштабов возможных последствий влияния накопившихся промышленных отходов и выбросов ОАО «Беларуськалий» на экологическое состояние лесных экосистем и насаждений Старобинского лесхоза и прилегающих лесных массивов, сельскохозяйственных почв Солигорского района необходимо проведение детальных научных исследований по оценке изменения физико-химических свойств почв района, а также динамики земельного и лесного фонда с момента разработки запасов сильвинитовых руд Старобинского месторождения и по настоящее время.

Список использованных источников

1. Экологический бюллетень за 2015 год. Глава 11. Отходы // Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://www.minpriroda.gov.by/uploads/files/glava-11-otxody.docx>. – Дата доступа: 28.11.2018.
2. Локальный мониторинг окружающей среды за 2006-2016 гг. Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь. – <http://www.nsmos.by/content/176.html>.
3. Проект организации и развития лесного хозяйства ГЛХУ «Старобинский лесхоз» на 2011–2021 гг. – Минск, 2011. – 340 с.
4. Мониторинг лесов за 2006 – 2016 гг. Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь. – <http://www.nsmos.by/content/176.html>.
5. Мониторинг земель за 2017. Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь. – <http://www.nsmos.by/content/176.html>.

УДК 662.6

Е. О. Щербина, Ю.В. Фурса, Р.В. Михалевич, И.П. Наркевич
Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие
«Белорусский научно-исследовательский центр «Экология»

ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ RDF-ТОПЛИВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В Республике Беларусь проблема обращения с отходами столь же актуальна, как и во всем мире. Отходы превращаются в проблему, представляющую угрозу для экологической безопасности и здоровья человека. На данный момент в практике Республики Беларусь основные методологические положения системы управления охраной окружающей среды и рациональным природопользованием, а также обращение с отходами, разработаны в недостаточной степени, а практическая сторона этого вопроса, еще далека от совершенства.

Оценка мировой практики управления отходами, методологических подходов и законодательной базы позволила выявить пробелы в данных вопросах.

Существует законодательная база, которая регулирует правила обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) в Республике Беларусь. Но она не охватывает новые, актуальные вопросы, касающиеся переработки отходов в альтернативное топливо (АТ).

Вопросы производства RDF-топлива в Республике Беларусь закреплены в Концепции создания мощностей по производству альтернативного топлива из твердых коммунальных

отходов и его использования (утверждена Советом Министров Республики Беларусь от 22 августа 2016 г. №664). Концепция направлена на определение условий и направлений использования твердых коммунальных отходов в качестве альтернативного RDF-топлива с последующим использованием на цементных заводах.

Для целей настоящей работы используются определения альтернативное топливо и RDF-топливо, которые являются равнозначными.

Международная практика использования RDF-топлива. С начала 1970-х годов различные типы отходов успешно использовались как альтернативные виды топлива в цементных печах в Европе, Японии, США, Канаде и Австралии. Использование альтернативного топлива может снизить воздействие отходов на окружающую среду, безопасно утилизировать опасные отходы, уменьшить выбросы парниковых газов, снизить затраты на обработку отходов и сэкономить ресурсы для цементной промышленности и котельных.

Альтернативное топливо или RDF (refusederivedfuel) топливо – это топливо, полученное из отходов. В состав RDF-топлива входят высококалорийные компоненты отходов, такие как пластик, бумага, картон, текстиль, резина, кожа, дерево и пр. RDF-топливо можно использовать в качестве основного или дополнительного топлива в печах цементных заводов, ТЭЦ, металлургических печах.

RDF-топливо – это вид отхода, включенный в состав Европейского каталога отходов под номером 19 12 10, получаемый в результате механической и биологической обработки [1]. RDF-топливо получают путем дробления и сушки твердых отходов коммунального, промышленного или коммерческого происхождения [2]. Термин RDF-топливо применяется к материалам, которые имеют высокую калорийную ценность и которые отсортированы из общего объема отходов.

«Совместное использование» – это использование топлива, полученного из отходов, для замены природных минеральных ресурсов (утилизация отходов) и / или такие традиционные топливно-энергетические полезные ископаемые как уголь, жидкое топливо и природный газ (получение энергии) в промышленных процессах. «Совместное использование» применяется во всем мире в основном в цементной промышленности и теплоэлектростанциях; иногда также используется в сталелитейной и известковой промышленности. На электростанциях, на которых осуществляется только получение электроэнергии, этот процесс называется совместное сжигание [3]. В Европейской цементной индустрии процент замещения традиционных видов топлива на АТ достигает до 80% на некоторых объектах, в то время как средний процент замещения по Европе составляет 39% [4]. Тем не менее, доля использования ТКО в процессе «совместного использования» низкая по сравнению с такими видами отходов как использованные автопокрышки, опасные промышленные отходы, отходы биомассы и осадки очистных сооружений. С помощью различных процессов подготовительной обработки отходы трансформируются в RDF-топливо, в некоторых зарубежных источниках также можно встретить термины AFR (альтернативное топливо и сырьевой материал) или SRF (solidrecoveryfuel). Ниже на рисунке 1 представлена схема механико-биологической обработки по подготовке RDF-топлива из отходов.

Использование альтернативного топлива должно следовать иерархии отходов, быть интегрировано в программы управления отходами, поддерживать стратегии повышения эффективности использования ресурсов и не препятствовать усилиям по сокращению объемов отходов. Следуя определенным основным правилам, гарантируется, что использование альтернативного топлива не оказывает отрицательного воздействия на выбросы загрязняющих веществ от котельных и цементных печей. Совместная обработка не должна наносить ущерб качеству производимого цемента.

Ожидается, что правила по раздельному сбору и рециркуляции, связанные с древесными, бумажными, пластмассовыми и биоразлагаемыми отходами, уменьшат количество отходов, потенциально доступных для процессов «от отходов к энергии», таких как сжигание и совместное использование [5].

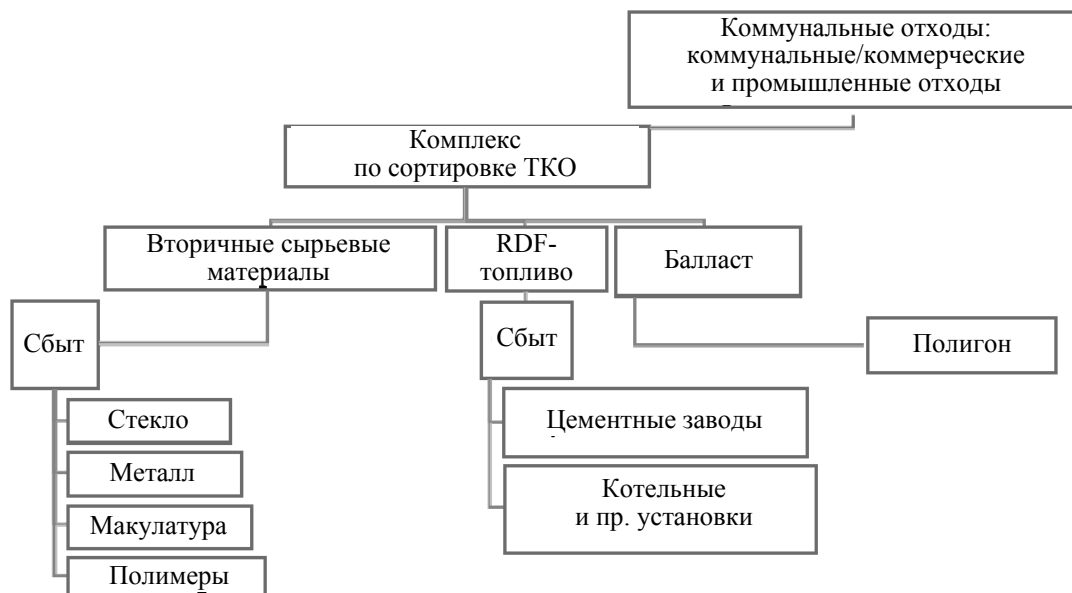


Рисунок 1 – Схема механико-биологической обработки по подготовке RDF-топлива из отходов

На рисунке 2 представлена иерархия по обращению с отходами (от наиболее к менее приоритетным способам обращения с отходами).



Рисунок 2 – Иерархия по обращению с отходами

Производство RDF-топлива из ТКО наиболее активно используется в государствах-членах ЕС с высоким уровнем разделения и переработки ТКО (Австрия, Германия, Нидерланды являются наилучшими примерами), поскольку деятельность по переработке генерирует невозстановляемые высококалорийные остатки, подходящие для производства RDF-топлива. По оценкам экспертов общее количество АТ, производимого из ТКО в Европейском союзе, составляет около 3 миллионов тонн в год. Возможности производства RDF-топлива из ТКО растут в Австрии, Бельгии, Финляндии, Италии и Нидерландах, где строятся новые мусоросортировочные заводы.

Существует некоторое ограничение в областях применения RDF-топлива из ТКО в Европе. В отчете Европейской комиссии сообщается, что RDF-топливо сжигается в мусоросжигательных установках с псевдоожиженным слоем в Великобритании для производства энергии, в многотопливных ТЭЦ и котлах на целлюлозно-бумажных предприятиях в Финляндии и в нескольких цементных печах в Австрии, Бельгии, Дании, Италии и Нидерландах. Не всегда возможно обеспечить должное качество и стандарты безопасности для RDF-топлива. По оценкам экспертов ЕС общее количество RDF-топлива, которое соответствует заданным

параметрам, составляет около 70% от произведенного. Ожидается, что количество сжигаемого RDF-топлива в будущем будет увеличиваться в основном в Бельгии, Италии и Великобритании. Существуют также планы использования RDF-топлива из ТКО в других процессах без сгорания, таких как газификация и пиролиз.

Оценка и подбор ТКО, подходящих по своим свойствам для производства альтернативного топлива в Республике Беларусь

Основным источником информации о количественных и качественных показателях системы обращения с ТКО в Республике Беларусь служит отчет о санитарной очистке населенных пунктов (по данным Министерства жилищно-коммунального хозяйства).

По экспертным оценкам, в последние годы в составе коммунальных отходов заметно увеличилась доля полимерных материалов и отходов от упаковок, а также отходов стекла. Определение морфологического состава отходов является трудоемким и должно проводиться в республике примерно 1 раз в пять лет.

Таблица 1 – Морфологический состав отходов в Республике Беларусь (на примере Оршанского района, 2018 г.)

Наименование группы отходов	Объем, %
Стекло	10,48
Бумага	13,89
Металлы	4,0
Текстиль и древесина	12,87
Кожа, резина	1,71
Полимеры	28,59
Органические отходы	28,46

Согласно таблице 1, большая часть образовавшихся отходов представлена полимерами (порядка 28,59%), при этом по массе полимеры составляют только 5,3%, что обусловлено малой плотностью и большим объемом.

В таблице 2 представлен состав и наименование отходов, подходящих по своим физико-химическим свойствам для использования в качестве альтернативного топлива в соответствии с классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь.

Таблица 2 – Отходы, которые непригодны для производства RDF-топлива

Наименование отходов	Код отходов	Класс опасности
Поливинилхлоридные пластики и пленки	5710818	не определен
АБС поливинилхлорид	5711601	3 класс
Отходы, содержащие ПВХ	5711602-5711659	3 класс, 4 класс, не определен
Фторопласт и другие отходы, которые его содержат	5712600-5712609	3-й класс, не определен

Для производства топлива не могут быть использованы и должны быть извлечены из сырья виды отходов, представленные в таблице 3.

Также должны быть извлечены опасные отходы 1-го, 2-го классов, отходы с неустановленным классом опасности и такие опасные отходы, которые содержат в своем составе свинец, никель, кадмий, ртуть (например, аккумуляторы, батарейки, люминесцентные трубки, термометры).

Наибольшей теплотой сгорания обладают следующие виды отходов: пластмассы, полимерные пленки, кожа, резина, текстиль. После решения вопроса, связанного с высоким содержанием хлора в некоторых пленках и пластмассах, данный перечень отходов, представленный в таблице 2, предлагается использовать для производства альтернативного топлива. Причем, незначительно меняя количественное содержание именно указанных отходов, можно добиться необходимых для конкретного технологического процесса параметров горения.

Таблица 3 – Состав и наименование отходов, подходящих по своим физико-химическим свойствам для использования в качестве альтернативного топлива

Наименование группы отходов	Наименование отходов	Код отходов
Древесные отходы	кора	1710100
	опилки натуральной чистой древесины	1710200
	отщеп при окорке круглых лесоматериалов	1710300
	стружка натуральной чистой древесины	1710400
	кусковые отходы натуральной чистой древесины	1710700
	отходы щепы натуральной чистой	1710900
	сучья, ветви, вершины	1730200
	кора при лесозаготовке	1730400
Отходы бумаги и картона	отходы от переработки макулатуры	1840700
	отходы упаковочной бумаги незагрязненные	1870604
	отходы упаковочного картона незагрязненные	1870605
	отходы упаковочного гофрокартона незагрязненные	1870606
	прочие незагрязненные отходы бумаги	1870608
	прочие незагрязненные отходы картона	1870609
	прочие незагрязненные отходы гофрокартона	1870610
Отходы пластмасс и полимерных материалов	полистирол и пенопласт на его основе, сополимеры стирола	5710800
	полистирол	5710801
	пенопласт полистирола	5710803
	ПЭТ-бутылки	5711400
	полиэтилентерефталат (лавсан)-пленки	5711502
	пленка полиэтилентерефталатная (ПЭТФ) с металлическим слоем	5711505
	пластмассовая упаковка	5711800
	пластмассовая тара из-под парфюмерно-косметических средств	5711900
	полиэтилен	5712100
	полиэтилен, вышедшие из употребления пленочные изделия	5712110
Резина	отходы резинотканевые невулканизированные	5750163-5750175
	отходы подошвенной резины – в производстве обуви код	5750177
	отходы резины производства резиновой обуви	5750179
Отходы текстильные и отходы производства химических волокон и нитей	отходы текстильные	5810101-5810919
	отходы волокна химического, натурального или их смеси	5813901
	отходы раскроя и пошива трикотажных изделий	5813930
	текстиль (искусственный, синтетический, трикотаж, ватин, полотно) в производстве обуви	5830937

Оптимальным составом для производства RDF-топлива калорийностью около 4700 ккал/кг является следующий:



Рисунок 3 – Состав RDF-топлива из ТКО

Перечень предполагаемых объектов по производству и использованию RDF – топлива

Потенциальными потребителями RDF-топлива являются цементные заводы – открытые акционерные общества «Белорусский цементный завод», «Кричевцементношифер», «Красносельскстройматериалы». Согласно Концепции создания мощностей по производству альтернативного топлива максимальная потребность в RDF-топливе после проведения полной технологической реконструкции цементных заводов с созданием как технологии подачи, так и проведением модернизации существующего теплотехнического оборудования составит в ОАО «Красносельскстройматериалы» 120 тыс. тонн RDF-топлива в год, ОАО «Кричевцементношифер» и ОАО «Белорусский цементный завод» – 210 тыс. тонн RDF-топлива в год.

На цементных заводах предполагается создание технологических линий по производству RDF-топлива из пре-RDF. В свою очередь строительство новых линий по производству альтернативного топлива на предприятиях, которые имеют в своем составе котлы с кипящим слоем, является нецелесообразным. Такие предприятия готовы покупать RDF-топливо с определенными физико-химическими свойствами, которые были экспериментально признаны пригодными для использования в котлах. Поэтому предлагается создать технологические линии по производству RDF-топлива из ТКО непосредственно на мусоросортировочных заводах.

На некоторых мусоросортировочных заводах в Республике Беларусь уже рассматривался вариант производства RDF-топлива. Так на КПУП «Гродненский завод по утилизации и механической сортировке отходов» сейчас извлекается примерно 20 процентов вторичных материальных ресурсов. Остальная часть поступает на захоронение. По оценкам специалистов завода еще 30 процентов отходов можно извлечь для получения RDF-топлива.

На Брестском мусороперерабатывающем заводе также планируют создать цех по производству RDF-топлива. В год по подсчетам специалистов, можно получать до 11 тыс. т. RDF-топлива, именно на это количество снизится нагрузка на полигон. Если сейчас в Бресте захоранивается 51 тыс. т ТКО или 53 % от общего объема отходов, то после внедрения автоматической линии сортировки эта цифра может снизиться до 46,5 тыс. т (48 %), а после запуска цеха по производству RDF-топлива — до 35 тыс. т (36 %).

Заниматься внедрением новой технологии мусороперерабатывающий завод будет в тесной связке с КУПП «Брестское котельное хозяйство». Строительство промышленных экспериментальных котлов с кипящим слоем для выработки тепловой энергии планируется на котельной «Катин Бор».

В РУП «Белнипиэнергопром» с 2003 г. в рамках государственной программы строительства энергоисточников на местных видах топлива осуществлялось проектирование энергетических объектов, использующих АТ. В проектах использовано оборудование белорусских, российских и европейских производителей.

Но всё же, так как основным топливом, которое будет подлежать замещению RDF-топливом, является каменный уголь, главными потребителями RDF-топлива являются, прежде всего, цементные заводы и металлургические печи. Оборудование таких предприятий позволяет сжигать топливо при высоких температурах, что снижает количество вредных веществ в выбросах. Однако необходимо учитывать то, что в процессе сжигания могут возникать различные технические трудности, от которых зависит качество процесса сжигания.

Использование RDF-топлива позволит частично заместить импортное топливо (каменный уголь), и, тем самым, снизить себестоимость производства цемента.

Заключение. Исследованиями, по данной тематике, установлено, что целесообразно и экономически оправдано использовать RDF-топливо в цементной промышленности, а также для котельных, в которых функционируют котлы с кипящим слоем.

Также, кроме снижения затрат на использование топливно-энергетических полезных ископаемых, использование RDF-топлива является экологически рациональным способом обращения с отходами и ведет к снижению выбросов парниковых газов, что вносит значительный вклад в выполнение обязательств Республики Беларусь по Парижскому соглашению

(Указ президента Республики Беларусь от 20 сентября 2016 г. № 345 «О принятии международного договора»).

Следует отметить, что результаты исследования будут использованы для подготовки национальных кадастров парниковых газов и Национальных сообщений Республики Беларусь по выполнению обязательств РКИК ООН и Парижскому соглашению.

Список использованных источников

1. Список отходов, упомянутый в статье 7 Директивы ЕС 2008/98/ЕС (List of waste referred to in article 7 of Directive 2008/98/EC).
2. Wilts H. Assessment of waste incineration capacity and waste shipment in Europe/ H. Wilts, p. 10.
3. Waste-to-Energy Options in Municipal Solid Waste Management, GIZ, A Guide for Decision Makers in Developing and Emerging Countries, May 2017, p. 26-30.
4. CEMBUREAU, “Activity Report 2015,” The European Cement Association, Brussel, 2015.
5. EUROPEAN COMMISSION Brussels, 26.1.2017 COM(2017) 34 final The role of waste-to-energy in the circular economy.

УДК 544.723

М.А. Кушнер, Т.С. Селиверстова, Е.А. Ерш, А.О. Улитёнок
БГТУ, г. Минск

ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ОТХОДОВ ОКОРКИ ДРЕВЕСИНЫ ОЛЬХИ

На долю черноольховых лесов в Беларуси приходится 8,6 % лесного фонда. Древесина ольхи черной издавна применялась и применяется в настоящее время для производства фанеры. В результате на предприятиях деревообрабатывающей промышленности скапливается кора ольхи в виде отходов, количество которых достигает 15% от перерабатываемой древесины.

Одним из путей утилизации отходов окорки древесины является использование их в качестве сырья для получения углеродных сорбентов различного назначения, основное направление использования которых связано с технологическими процессами очистки воды. В настоящее время с этой целью используют сорбенты на основе активированных углей, цеолитов и др., которые зачастую имеют высокую стоимость [1]. Вместе с тем отходы деревообрабатывающей промышленности (кора, стружки, опилки, и др.) представляют собой альтернативное сырье для получения сорбционных материалов. Очевидно, что промышленная переработка коры в сорбенты не только влечет за собой решение экологической проблемы, но и позволяет значительно удешевить конечный продукт. Однако, применение необработанной коры в качестве сорбента нецелесообразно, поскольку содержащиеся в ней экстрактивные вещества, могут привести к дополнительному вкладу в загрязнение очищаемой воды. По этой причине коруподвергают различным способам модификации.

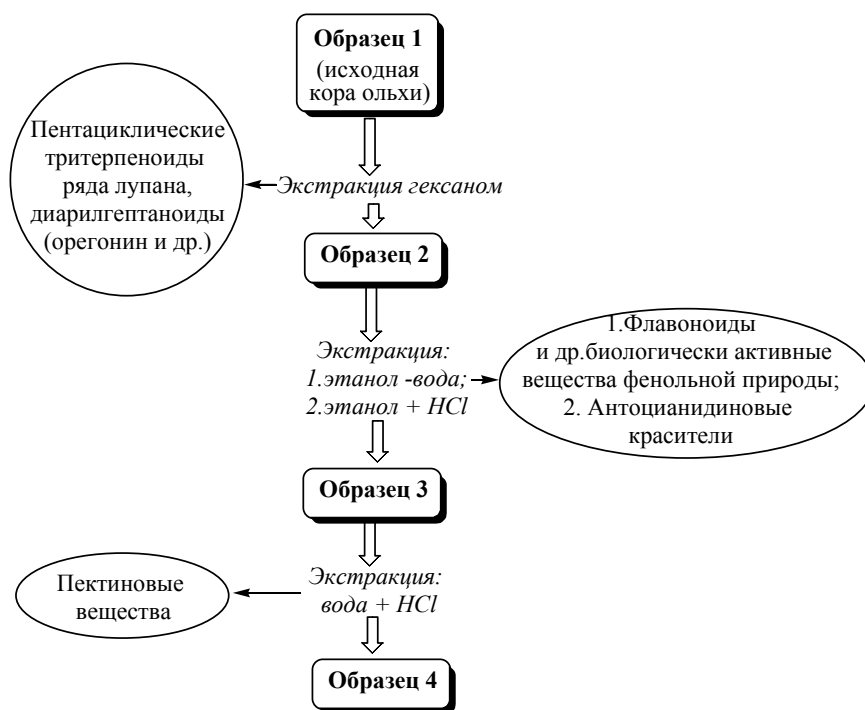
В последние десятилетия проводятся исследования по разработке способов получения из древесной коры пористых углеродных материалов (нанопористых углеродных материалов, энтеросорбентов, нефтесобирателей)[1].

По своему химическому составу кора является уникальным возобновляемым сырьем для получения комплекса природных биологически активных веществ. В древесной коре, наряду с лигнином и полисахаридами, находятся флавоноиды, танины, красящие, пектиновые, смолистые и другие вещества. Важно отметить, что кору ольхи, благодаря наличию в ней биологически активных соединений, издавна применяли в народной медицине для лечения различных заболеваний.

Кора, как сорбент растительного происхождения, благодаря наличию пор имеет высокую удельную поверхность, на которой имеются различные полярные кислородсодержащие функциональные группы – гидроксильные (фенольные и спиртовые), карбонильные, карбоксильные, эфирные и др. Благодаря такому строению кора способна адсорбировать как вещества неполярные, так и полярные, ионные соединения. Ранее нами проведена последовательная экстракция коры ольхи различными растворителями, что позволило выделить комплекс природных биологически активных веществ – пентациклические тритерпеноиды ряда лупана и диарилгептаноиды (орегонин и др.), флаваноиды, танины, антоцианидиновые красители, пектиновые вещества [2, 3].

Очевидно, что в результате извлечения экстрактивных веществ из древесной коры происходит раскрытие ее пористой структуры. Вышеизложенное определило цель настоящего исследования – изучение адсорбционной активности коры ольхи после различных стадий экстракционной обработки для выявления перспектив рациональной утилизации отходов окорки древесины.

В качестве объектов исследования использовали кору ольхичерной (*Alnus glutinosa*) промышленной окорки и образцы твердых остатков коры после различных стадий экстракционной обработки, приведенной на схеме:



Адсорбционную способность образцов оценивали по поглощению метиленового голубого (МГ) – вещества маркера, используемого для большинства сорбентов, (ГОСТ 4453–74). Полученные результаты представлены в таблице.

Адсорбционная активность по МГ образцов коры

Образец №	1	2	3	4
Адсорбционная активность, мг/г	57	83	61	36

Экспериментальные данные показали, что удаление экстрагируемых гексаном веществ, находящихся в порах коры, способствует формированию развитой пористой структуры в твердом остатке, о чем свидетельствует значительное повышение адсорбционной активности (образец 2). Последующая экстракция полярными растворителями приводит к некоторому снижению адсорбционной активности (образец 3), что обусловлено снижением количества поверхностных полярных функциональных групп, поскольку при данной экстракционной

обработке удаляются вещества фенольной природы. Извлечение пектиновых веществ из образца 3 приводит к значительному снижению адсорбционной активности (образец 4), что вполне объяснимо удалением с пористой поверхности сорбента большого количества карбоксильных групп. В пользу такой интерпретации свидетельствует работа [4], в которой показано, что добавка к лигнину пектиновых веществ, значительно увеличивает адсорбционную способность сорбента. Следует отметить, что сорбционная активность образца 3 сопоставима с таковой для широко известного сорбента полифепана, получаемого модификацией лигнина (~50 мг/г).

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что кора, подвергнутая последовательной экстракционной обработке с целью получения биологически активных веществ (образец 3), представляет собой эффективный сорбент, не требующий дополнительной активации.

Список использованных источников

1. Кузнецов Б.Н. Методы получения пористых материалов из лигнина и древесной коры (обзор) / Б.Н. Кузнецов, Н.В. Чесноков, И.П. Иванов, Е.В. Веприкова, Н.М. Иванченко // Ж. Сиб. федер. ун-та. Химия 2015. Т. 8(2). С. 232–255.

2. Селиверстова Т.С. Экстрактивное выделение комплекса биологически активных веществ из коры ольхи / Т.С. Селиверстова, М.А. Кушнер // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения [Электронный ресурс]: сб. материалов по итогам Всерос. науч.-практ. конф. (7 декабря 2017 г., Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2017. – Режим доступа: <http://www.sibsau.ru/index.php/nauka-i-innovatsii/izdatelskayadeyatelnost>. С. 359–361.

3. Кушнер М.А. Биологически активные соединения фенольной природы экстрактов коры ольхи / М.А. Кушнер, Т.С. Селиверстова, Я.М. Катов // Химия и химическая технология переработки растительного сырья: материалы докладов Международной научно-технической конференции, Минск, 10–12 октября 2018 г. / Мн.: БГТУ, 2018. С. 33–36.

4. Решетников В. И. Оценка адсорбционной способности энтеросорбентов и их лекарственных форм // Хим.-фарм. журнал. 2003. Т. 37. № 5. С. 28–32.

УДК 628.381.1

И.В. Войтов, д-р техн. наук; В.Н. Марцуль, канд. техн. наук
БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБРАЩЕНИЯ С ОСАДКАМИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Осадки являются неизбежным побочным продуктом очистки сточных вод. В отличие от других отходов, образования осадков избежать не удастся и в ближайшие годы их количество, по мере повышения эффективности работы действующих очистных сооружений и строительства новых, будет возрастать. Количество влажных осадков, выделяющихся при очистке сточных вод на очистных сооружениях канализации (ОСК), обычно не превышает 1% от расхода поступающих вод.

Практически все ОСК осадки размещают для обезвоживания и подсушки на иловых площадках, которые, при отсутствии приемлемых вариантов использования, превращаются в объекты, на которых производится длительное хранение данных отходов. В реестре объектов хранения и захоронения отходов, который ведет Минприроды Республики Беларусь, зарегистрировано 159 объектов хранения осадков очистных сооружений канализации, на которых в настоящее время размещено более 9 млн. тонн данных отходов, которые хранятся более 20 лет. Системная работа по инвентаризации и обследованию иловых площадок, ранжированию размещенных на них осадков в зависимости от их состава и свойств, возможности использования в республике не проведена.

Осадки очистных сооружений канализации в Беларуси не являются объектами аналитического контроля, т.е. на очистных сооружениях определение их состава по установленному перечню показателей не производится. Это не позволяет обоснованно подходить к выбору способов их обработки и направлений использования, выявлять тенденции изменения их состава, оценивать эффективность мероприятий по ограничению сбросов загрязняющих веществ абонентами сетей канализации, особенно в части содержания тяжелых металлов.

Существенное влияние на выбор и экономическое обоснование вариантов обработки и использования осадков очистных сооружений канализации оказывают ставки экологического налога за захоронение, хранение отходов производства. Так, действующая в Беларуси ставка экологического налога за хранение осадков из отстойников (сырой осадок с коагулянтом (флокулянтом), осадков после промывки фильтров), осадков сооружений биологической очистки хозяйственно-фекальных сточных вод, а также избыточного активного ила на 2019 год составляет 0,10 руб. за 1 тонну. Низкие ставки налога не стимулируют работу по поиску вариантов использования осадков. Однако этот вариант решения проблемы осадков изжил себя, так как возможности размещения осадков очистных сооружений на объектах хранения в республике практически исчерпаны.

В связи с этим проблема вовлечения осадков в хозяйственный оборот осадков очистных сооружений канализации для Беларуси имеет первостепенное значение.

В сложившейся неблагоприятной ситуации с осадками очистных сооружений канализации имеется один положительный момент, который состоит в том, что для Беларуси есть реальный шанс использовать наилучшие доступные технологии, позволяющие не только решить проблему осадков очистных сооружений канализации, но и получить определенный как экологический, но и экономический эффект.

Для Беларуси очень важно, чтобы эта работа проводилась в рамках согласованной стратегии обращения с осадками очистных сооружений канализации, которая включала бы все аспекты деятельности в этой сфере (нормативное правовое регулирование, методики и критерии оценки вариантов проектных решений, экономический механизм управления осадками и др.) и рассматривала как использование вновь образующихся осадков в темпе их образования, так вовлечение в хозяйственный оборот осадков, накопленных на иловых площадках, и территорий, отведенных под эти объекты.

Отправной точкой такой системной работы является объективная информация как об очистных сооружениях, на которых образуются данные отходы, так и составе осадков. При экспертной и финансовой поддержке Европейского экологического центра Кревокс (Польша) БГТУ создана электронная база данных, содержащая информацию по очистным сооружениям (технология, оборудования, состав сточных вод, характеристика осадков и др.), которую необходимо наполнить конкретным содержанием (пока в ней данные по 39 объектам). В настоящее время в сфере водоснабжения и водоотведения реализуется ряд программ и проектов (программа по водному сектору ЕБРР, проект МБРР «Развитие систем водоснабжения и водоотведения», проекты международной финансовой организации НЕФКО, проект PRESTO), в рамках которых выделяется кредитное финансирование и привлекаются средства грантов. В реализации этих программ и проектов участвуют предприятия ЖКХ и Водоканалы городов Слоним, Барановичи, Лида, Орша, Полоцк, Витебск, Гродно, Молодечно, Пинск, Кобрин.

Минприроды совместно с НЕФКО реализован проект международной технической помощи «Оценка степени загрязнения региона биогенами и определение первоочередных инвестиционных проектов». По результатам проекта был сформирован перечень объектов для инвестирования со стороны международных организаций. В данный перечень вошла модернизация девяти Водоканалов (города Кобрин, Лида, Сморгонь, Новогрудок, Скидель, Щучин, Ошмяны, Пружаны, Ляховичи). Большинство этих объектов сбрасывает сточные воды в реки бассейна Балтийского моря.

Анализ технологических решений, которые были представлены в обоснованиях инвестиций по некоторым объектам, или уже реализуются на практике, показывает, что они, как правило, не рассматривают весь комплекс вопросов, связанных с использованием осадков. Они часто

базируются на традиционных технологиях и не учитывают современные технологические решения, особенно в части повышения энергетической эффективности, извлечения и использования фосфора и др.

Общим недостатком практически всей предпроектной и проектной документации является то, что очистные сооружения традиционно не рассматриваются как единый взаимосвязанный технологический комплекс, включающий как очистку сточных вод, так и обработку осадков. Это не позволяет выбрать оптимальные решения и, в конечном итоге, снизить издержки на реализацию проекта.

При использовании биогазовых технологий выбор режимов сбраживания и составов субстратов, часто производится по усредненным данным без учета характеристик осадков конкретного объекта. Не рассматриваются технологические решения и оборудование, позволяющие существенно повысить энергетическую эффективность биогазовых установок за счет ко-ферментации с использованием других отходов, предварительной подготовки осадков к сбраживанию (термогидролиз, химический гидролиз, ультразвуковая обработка и др.) и в комплексе решить задачи стабилизации, обеззараживания, уменьшения влажности и объема осадков, извлечения фосфора для использования в сельском хозяйстве.

Сравнение альтернативных вариантов технологических решений производится поверхностно без составления детального материально-энергетического баланса, особенно по азоту и фосфору.

Для проведения целенаправленной работы по вовлечению осадков в хозяйственный оборот необходимо аккумулировать имеющийся в республике экспертный и исследовательский потенциал, который позволил бы оперативно выполнять работы по комплексному исследованию состава (по согласованному перечню показателей) и свойств (теплота сгорания, биогазовый потенциал, санитарно-паразитологические показатели и др.) осадков и квалифицированно производить выбор возможных вариантов обработки и использования осадков и их сравнение по эколого-экономическим показателям.

В проектах реконструкции очистных сооружений необходимо ориентироваться на наилучшие доступные технологии, создавая в республике сеть демонстрационных объектов, что будет хорошей основой для продвижения современных технологий обработки и использования осадков, апробированных на очистных сооружениях стран Европы и США.

Одной из актуальных задач, требующих решения, является практическая реализация технологий, обеспечивающих максимальное извлечение фосфора в процессе обработки осадков сточных вод, которые по разным причинам не могут вноситься на почву. Необходимо определить объекты, на которых целесообразно реализовать инвестиционные проекты по извлечению фосфора в процессах обработки осадков очистных сооружений канализации и получению удобрения; выбрать очистные сооружения на территории Беларуси, перспективные для создания региональных центров по ко-ферментации органических отходов и осадков очистных сооружений, в том числе с использованием технологии термогидролиза.

Назрела необходимость в проведении системной работы, цель которой выбор и практическая реализация решений по выведенным из эксплуатации иловым площадкам, направленным как на использование накопленных там осадков, так и на рекультивацию отведенных под них территорий.

Степень вовлечения в хозяйственный оборот осадков очистных сооружений в значительной степени определяется совершенством нормативной правовой базы, регулирующей отношения в этой области. Осадки характеризуются весьма ценными агрохимическими свойствами, достаточно высокой теплотой сгорания, сравнимой с теплотой сгорания торфа и древесных пеллет. Это позволяет рассматривать их как ценное вторичное сырье, использование которого, при соблюдении определенных условий, может способствовать решению проблем ресурсосбережения и охраны окружающей среды.

В международной правовой практике осадки очистных сооружений канализации и близкие им по составу осадки сточных вод ряда производств относятся к группе отходов, обращение с которыми регулируется отдельными нормативными правовыми актами [1–5].

К апробированным на практике инструментам регулирования в сфере использования осадков относятся требования: к технологии обработки осадков перед их использованием; максимальному количеству осадков (по сухому веществу), вносимому в почву на единицу площади в год; минимальной частоте (периодичности) анализа состава осадков; необходимости получения разрешения на использование необработанных осадков на почве; к продолжительности периода между использованием (внесением) осадка и выпасом скота, сбором урожая и продукцией, которая находится в непосредственном контакте с осадком и потребляется в сыром виде; (специальные требования) при использовании осадков на почвах с рН ниже 6; проведения анализов почвы и осадков с определением установленных показателей и доведением их до потребителей; к регистрации количества производимых осадков, места и условий использования осадков в сельском хозяйстве и средней концентрации тяжелых металлов в осадках.

Специальному регулированию подлежат предельные значения концентраций тяжелых металлов (кадмий, медь, никель, свинец, цинк, ртуть, хром) в почвах, которые не должны превышать при использовании осадков; предельные значения концентраций тяжелых металлов в осадках; максимальная годовая нагрузка по каждому нормируемому тяжелому металлу, создаваемую при внесении осадка в почву.

Перечень веществ, содержание которых регламентируется в осадках, увеличивается по мере расширения информации о составе осадков и влиянии отдельных их компонентов на окружающую среду и человека. Помимо тяжелых металлов ряд стран в перечень контролируемых показателей включили вещества, относящиеся к стойким органическим загрязнителям, в том числе полициклические ароматические углеводороды, полихлорированные бифенилы.

Помимо содержания тяжелых металлов доза осадка, используемого для внесения в почву, ограничивается содержанием азота. Поступление азота с осадком не должно превышать 70% от общей потребности в азоте сельскохозяйственных культур.

Специальному регулированию подлежит содержание патогенных микроорганизмов, в зависимости от которого устанавливают ограничения по использованию осадков.

Одним из аспектов, который является объектом нормативного правового регулирования, является извлечение фосфора из осадков сточных вод. Так Положение по осадкам сточных вод, введенное в действие в Германии, устанавливает требование извлечение фосфора из осадков сточных вод при его содержании более 2% для очистных сооружений производительностью более 50 000 ЭН (эквивалент населения). Внесение осадков на почву допускается только для очистных сооружений производительностью менее 50 000 ЭН [6].

Осадки, как отдельный объект нормативного правового регулирования в области обращения с отходами в Республике Беларусь не выделяются. Поэтому деятельность по обращению с этими отходами регламентируется Законом «Об обращении с отходами», рядом общих для всех отходов НПА и ТНПА. Порядок организации работ по использованию (обезвреживанию), хранению и захоронению отходов определяется их количеством, агрегатным состоянием, степенью опасности, а для опасных отходов – классом опасности.

Согласно классификатору отходов, образующихся в Республике Беларусь, все осадки очистных сооружений канализации относятся к опасным отходам.

Отнесение осадков к опасным отходам производится без учета их состава. Известно, что состав осадков очистных сооружений крупных городов с развитой промышленностью и малых населенных пунктов, где производство в основном представлено предприятиями по переработке сельскохозяйственной продукции, существенно отличается. По содержанию некоторых компонентов, определяющих степень опасности данных отходов, отличия могут составлять в 5–10 раз.

В настоящее время в Беларуси действуют несколько локальных технических нормативных правовых актов, устанавливающих требования к отдельным продуктам, которые могут быть получены из осадков очистных сооружений канализации [7–9]. Использование осадков, состав и свойства которых отвечают требованиям этих технических нормативных правовых актов, осуществляется согласно технологическим регламентам, разработанным в соответствии с [10]. Однако в комплексе все вопросы, связанные с использованием

осадков, в настоящее время на нужном уровне не регламентируются. В связи с этим давно назрела необходимость изменения подходов к нормативному правовому регулированию обращения с осадками очистных сооружений канализации, особенно в части установления конкретных критериев определения степени их опасности, которые позволяли бы обоснованно подходить к выбору способов их обработки и направлений использования. Необходимо разработать и ввести в действие технический нормативный правовой акт «Обращение с осадками очистных сооружений канализации», в котором должны найти все вопросы обработки и использования осадков очистных сооружений канализации.

В Беларуси имеется научный задел и опыт работы в области обработки осадков, разработки нормативно-технических документов, регламентирующих их использование.

При наличии заинтересованности органов государственного управления используя отечественный опыт и опыт стран ЕС в сравнительно короткие сроки могут быть разработаны и приняты ТНПА, которые позволят начать целенаправленную работу по использованию и обезвреживанию осадков.

Список использованных источников

1. Директива ЕЭС 86/278/ЕЭС от 12 июня 1986 по охране окружающей среды, в частности, почвы, при использовании осадков сточных вод в сельском хозяйстве (Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture).

2. Стандарт США по использованию и удалению осадков сточных вод (40 CFR PART 503 «Standards for the use or disposal of Sewage Sludge»).

3. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений.

4. ГОСТ Р 54534-2011. Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель.

5. ГОСТ Р 54651-2011. Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия.

6. New German Sewage Sludge Regulation sets the Standard for Phosphorus Recovery [Электронный ресурс]: Control Service GmbH. – Режим доступа: <https://www.pcs-consult.de/en/news/New-German-Sewage-Sludge-Regulation-sets-the-Standard-for-Phosphorus-Recovery>

7. ТУ ВУ 790282162.009-2015 Составы для рекультивации нарушенных земель (РУП «Завод газетной бумаги»).

8. ТУ ВУ 300003249.001-2009 «Удобрение и почвоулучшающая добавка из осадков сточных вод» (УП «Витебскводоканал»).

9. ТУ ВУ 291000450.001-2015 Удобрение органическое на основе обезвоженного сброженного осадка сточных вод (КУПП «Брестский мусороперерабатывающий завод»).

10. ТКП 17.11-07-2013 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Отходы. Правила разработки технологических регламентов использования, обезвреживания отходов».

УДК 628.47:691.17

В.О. Китиков, проф., д-р техн. наук;
И.В. Барановский, канд. техн. наук; И.И. Вага, доц., канд. с.-х. наук
Институт ЖКХ НАН Беларуси, г. Минск

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ИЗ ОТХОДОВ ПЛАСТИКА

По оценкам международных экспертов, в мире ежегодно собирается около 1,3 млрд. тонн коммунальных (муниципальных) отходов.

Анализ мировых практик по переработке (рециклингу) полимерных отходов показывает, что в общей сложности из всех собранных полимеров во вторичное использование попадает 30 % (среднеевропейский показатель), наибольший процент переработки в Германии – до 40, а остальное количество собранных полимерных отходов подвергается энергетическому использованию с целью получения тепла и электроэнергии[1].

Установлено, что в Республике Беларусь в 2018 г. механическому рециклингу подверглось 28–30 % собранных полимерных отходов. Выявленный резерв для такой переработки составляет около 10–12 %. Таким образом, дополнительно можно собрать и направить на переработку до 28 тыс. тонн полимеров. Выходит, что в целом по стране потенциально могут быть переработаны во вторичное полимерное сырье (флекс, гранулы и агломерат) от 94 до 112 тыс. тонн из образующихся ежегодно полимерных отходов, а остальное количество (168–186 тыс. тонн) целесообразно направить на энергетическое использование для нужд ЖКХ.

Отходы потребления – полимеры, которые накапливаются в процессе жизнедеятельности населения. В конечном итоге они переходят в смешанные полимерные отходы, которые являются одним из компонентов твердых бытовых отходов (далее ТКО). Смешанные полимерные отходы утилизируют вместе с ТКО на свалки или мусоросжигательные заводы.

В группе пластиковых отходов наибольшую массу занимают отходы пластмассовой тары и упаковки от пищевых продуктов, а также косметических средств и бытовой химии. Практически вся продовольственная упаковка в разной степени загрязнена пищевыми остатками [2].

По экспертным оценкам отходы полимеров в составе ТКО составляют в среднем 280 тыс. тонн в год с положительной динамикой увеличения на уровне 4–5 % ежегодно. Использование смешанных полимерных отходов из ТКО в качестве вторичного сырья представляет наибольшие трудности. Это связано с технологической несовместимостью полимеров, входящих в состав смешанных полимерных отходов, и их большой загрязненностью.

Однако существует ряд компонентов смешанных полимерных отходов, которые можно выделить из городского мусора и использовать в качестве вторичного сырья.

Высок уровень переработки отходов производства пленки из полиэтилена и полипропилена (до 80 %). Значительно меньше объемы переработки отходов производства вакуумформования из полистирола.

Значительно меньше объемы переработки отходов производства вакуумформования из полистирола.

Практически не перерабатывают отходы производства литья из пластикатов поливинилхлорида, вакуумформования из жесткого поливинилхлорида.

Большое число предприятий используют полимерные материалы, полуфабрикаты и комплектующие для выпуска основной продукции. В первую очередь, это предприятия по выпуску пищевой продукции (упаковка), предприятия по выпуску строительных материалов и конструкций, мебели, предприятия по выпуску автомобилей, машиностроительные предприятия.

Основные типы полимерных отходов, образующиеся на этих предприятиях: упаковочная пленка (полиэтилен низкой плотности, полиэтилен высокой плотности), литьевые изделия, полистирол, поливинилхлорид.

Неперерабатываемые отходы этих предприятий: упаковочная пленка (полиэтилен низкой плотности), пищевой полистирол (вырубка от вакуумформования), жесткая пленка поливинилхлорида, отходы искусственных кож, мягкая поливинилхлоридная пленка, полиуретан.

Основные полимерные отходы промышленного потребления: тара и упаковка, образующиеся на предприятиях торговли при обработке грузов. В основном это достаточно чистые отходы пленки полиэтилена низкой плотности, полимерной многооборотной тары (полиэтилен высокой плотности), упаковочные пенопласты на основе пенополистирола, которые можно легко переработать во вторичное полимерное сырье.

Объемы накопления вторичного сырья из отходов промышленного производства зависят от многих факторов.

Полимерные отходы общественного потребления практически не собирают и не перерабатывают. Учитывая возрастающее использование их в общественном потреблении (упаковочные пленочные материалы, полимерные емкости, одноразовая посуда, пищевая индустрия), можно ожидать увеличения полимерных отходов общественного потребления на 0,1–0,5 % в год.

Особенность применения вторичных полимерных материалов – возможность их пользования после переработки, совмещенной с модификацией и наполнением в типовых процессах получения изделий из полимеров на типовом стандартном оборудовании.

Отходы полимеров, отсортированные по видам, могут быть переработаны и использованы в производстве новых пластмассовых изделий и упаковки. В Беларуси задействовано в переработке полимерных отходов порядка 100 организаций.

В ходе проведенного анализа статистических данных, опубликованных Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь, следует отметить, что объем образования в Республике Беларусь пластмасс за 2016 г. составил 821,8 тыс. тонн, а в 2017 г. – около 901,9 тыс. тонны, что говорит о прогнозируемом увеличении объемов производства полимеров на 4,5–5,0 % в год.

Анализ состояния дел обращения с твердыми коммунальными отходами, а также мировых практик и передового опыта в Республике Беларусь позволили сформулировать направления эффективной переработки отходов полимеров из состава ТКО и выработать предложения по их вторичному использованию, с учетом баланса их обращения, а также существующими и планируемыми мощностями.

Существует целесообразность в проработке и технико-экономическом обосновании создания производств по углубленной переработке полимерных отходов, с учетом существующих мощностей по переработке полимеров и возможностей увеличения сбора, по следующим направлениям.

1. Направление – механический рециклинг.

Целесообразно создание производств по углубленной переработке полимерных отходов, с учетом существующих мощностей по переработке полимеров и возможностей увеличения сбора в следующих регионах Беларуси:

- мощностью до 15–20 тыс. тон в год – в Минском регионе;
- до 4,5–5,0 тыс. тон в год – в Гомельском регионе;
- до 2,4–3,0 тыс. тон в год – в областных центрах.

2. Направление – производство волокон и нетканых материалов.

По оценкам западных экспертов от 60 до 70 % вторичного ПЭТФ используют для производства волокна и нетканых материалов. С учетом выявленного в результате исследований значительного резерва отходов пластиков (более 200 000 тонн), можно сделать вывод о целесообразности расширения производственных мощностей на предприятиях по переработке вторичного полимерного сырья в готовые изделия, в первую очередь существующих – ОАО «Борисовский завод пластмассовых изделий» и ОАО «Белвторполимер» (г. Гродно).

Производство полиэфирного волокна – это достаточно сложный многоуровневый технологический процесс. Основным сырьем для производства волокна являются вторичные ПЭТ– флексы, полученные путем переработки бутылок из полиэтилентерефталата.

Волокна и нетканые материалы из вторичного полимерного сырья в мировой практике используются для изготовления сорбентов нефтепродуктов; различных фильтров для жидкостей, газов и аэрозолей; в качестве утеплителей для одежды, наполнителей для мебели и мягких игрушек, а также в строительной отрасли в виде фиброволокна для армирования бетонов и цементных стяжек.

Рыночная стоимость таких материалов в 5–6 раз выше, чем вторичное полимерное сырье в виде гранул, флекса или агломератов.

3. Направление – рециркуляция «бутылка в бутылку».

Основная задача этой технологии — обеспечить замкнутый оборот упаковочного ПЭТ.

Технология развивается в США в течение многих лет, в Европе это направление осваивается сравнительно недавно. Причиной тому послужило ограничение в законодательстве ЕС относительно переработанного материала, предназначенного для контакта с пищевыми продуктами. Упаковка, изготовленная из вторичного сырья, не допускалась к контакту с продовольствием. Производитель мог разливать в такие бутылки технические жидкости, но не имел право разливать напитки.

Иногда при переработке по принципу «бутылка в бутылку» вторичный ПЭТ «зажимается» между двумя слоями первичного полимера. Этот способ получил название «многослойной технологии». Многослойные бутылки могут содержать до 50 % вторичного ПЭТ, причем отдельные емкости могут включать и большие количества вторичного материала. Многослойные бутылки используют для розлива напитков во многих странах, например в Швейцарии, Швеции и США. Это применение, как ожидается, будет быстро распространяться после формализации в законодательстве.

Технология «бутылка в бутылку», внедренная на предприятиях Германии, включает экструзию ПЭТ под вакуумом, сопровождаемым поликонденсацией в твердом состоянии (SSP), что приводит к увеличению вязкости расплава. Обычная экструзия неизбежно снижает вязкость материала из-за частичного гидролиза расплава. Данная технология позволяет получить регранулят ПЭТ, полностью пригодный для производства пищевой упаковки, в том числе бутылок для напитков.

В связи с этим, требуется детальное изучение отечественного и зарубежного рынков готовой продукции из вторичных полимеров, в первую очередь, нетканых материалов и волокон, с целью проработки решений по дальнейшему развитию производств по использованию полимерных отходов в Республике Беларусь.

4. Направление – использование сильнозагрязненных и трудноидентифицируемых полимерных отходов (110–196 тыс. тонн ежегодно).

Выявленный резерв позволил сделать вывод, что наиболее целесообразное использование сильнозагрязненных отходов полимеров – сжигание с целью получения тепловой и электрической энергии (RDF-топливо), а также пиролиз.

Потребность белорусских цементных заводов в RDF-топливе составляет 330 тысяч тонн. В составе такого топлива полимеры занимают от 10 % до 20 %. Таким образом, на обеспечение потребностей отечественной цементной промышленности может быть израсходовано порядка 66 тыс. тонн неликвидных полимерных отходов из ТКО.

Оставшиеся 87–163 тыс. тонн могут быть использованы следующим образом.

5. Изготовление полимер-песчаных изделий. В перспективе, при глубокой переработке неликвидных полимерных отходов в объеме 10–85 тыс. тонн возможно получить товарный продукт для полимер-песчаной черепицы, водостока, люков и крышек и полимер-песчаной тротуарной плитки и бордюров.

Эксплуатационные характеристики полимерпесчаной плитки по оценке экспертов превосходят по многим показателям цементную брусчатку. В составе этих изделий полимеры занимают 25 % по объему, т.е. на 1 м² плитки требуется 5–6 кг полимерных отходов в зависимости от толщины изделия. Таким образом, из 10 тыс. тонн полимеров можно получить 1,7–2,0 млн. м² тротуарной плитки.

Таким образом, учитывая важность переработки полимерных отходов для обеспечения экологической безопасности и получения экономического эффекта важной задачей в сфере управления отходами становится повышение эффективности системы сбора и переработки ТКО, с учётом предложенных технологических направлений.

Список использованных источников

1. Treatment Method of waste plastic: patent JP2006281506 from 19.10.2006 / K. Genji, M. Toshiaki. – <http://v3.espacenet.com>
2. Вторичная переработка пластмасс / под ред. Г.Е. Заикова. – СПб: Профессия, 2006. – 400 с.

Т.И. Кухарчик, доц., д-р геогр. наук;
М.И. Козыренко, к-т. геогр. наук; В.Д. Чернюк
Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОМУ ОБРАЩЕНИЮ С ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ, ДОПОЛНИТЕЛЬНО ВКЛЮЧЕННЫМИ В СТОКГОЛЬМСКУЮ КОНВЕНЦИЮ О СОЗ

Эффективность регулирования опасных химических веществ, включенных в Стокгольмскую конвенцию о СОЗ, а также выполнение принятых международных обязательств по конвенции зависит не только от полноты и точности информационной базы, но и научно-методического и нормативного технического обеспечения.

При постановке задания 2.1.8 «Разработать мероприятия по предотвращению поступления химических веществ, дополнительно включенных в Стокгольмскую конвенцию о СОЗ, в окружающую среду; подготовить национальные данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух для представления в ЕЭК ООН» во внимание принималась необходимость регулирования двух веществ, включенных в Стокгольмскую конвенцию о СОЗ: гексабромциклододекан (2013 г.) и декабромдифенилового эфира (2018 г.). Это связано с продолжающимся поступлением в Беларусь полистирола вспенивающегося, при производстве которого широко применялся и применяется гексабромциклододекан (ГБЦД), а также значительными объемами полимерных отходов, потенциально содержащих декабромдифениловый эфир, и возможностью их поступления на вторичную переработку.

Исходными данными для выполнения НИР явились международные руководства, касающиеся экологически безопасного обращения с отходами, содержащими СОЗ, данные официальной статистики, справочная и производственно-техническая информация, результаты запросов в государственные органы управления и на предприятия; учтен опыт зарубежных стран в области обращения с «новыми» СОЗ.

В ходе выполнения задания разработаны:

– рекомендации по экологически безопасному обращению с изделиями/отходами, содержащими гексабромциклододекан;

– рекомендации по экологически безопасному обращению с изделиями/отходами, содержащими декабромдифениловый эфир.

Рекомендации по экологически безопасному обращению с изделиями/отходами, содержащими гексабромциклододекан.

Гексабромциклододекан (ГБЦД) – антипирен, предназначенный для придания негорючих свойств материалам из полистирола, в меньшей степени – тканям и другим изделиям. ГБЦД начал производиться в конце 1960-х гг., и его производство продолжается в настоящее время.

Приоритетной сферой применения ГБЦД является его использование в качестве антипирена при производстве пеноматериалов из вспенивающегося и экструдированного полистирола, предназначенных для теплоизоляции промышленных и жилых зданий (свыше 90 % общего объема ГБЦД). Выделяются следующие виды изделий из полистирола, содержащие ГБЦД: вспенивающийся полистирол; экструдированный полистирол; ударопрочный полистирол. Содержание ГБЦД в полистироле может варьировать от 0,5 до 7 % в зависимости от вида полистирола (максимальные концентрации обнаруживаются в ударопрочном полистироле).

Поступление ГБЦД в окружающую среду возможно на различных этапах жизненного цикла материалов/изделий, содержащих ГБЦД: при их производстве, использовании, транспортировке, обращении с отходами (хранении, переработке, удалении). ГБЦД может поступать в различные природные среды (атмосферный воздух, воду и почву) с выбросами в атмосферный воздух, со сточными водами, с отходами производства и потребления.

Возможно также выщелачивание ГБЦД из готовых изделий, его содержащих, в процессе их использования, а также из отходов.

ГБЦД включен в Стокгольмскую конвенцию о СОЗ в 2013 г. на 5-ой конференции Сторон; обязательства для Беларуси вступили в силу в 2014 г. Отходы, содержащие ГБЦД, регулируются также Базельской конвенцией о контроле трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением, Стороной которой является Беларусь.

Согласно Стокгольмской конвенции о СОЗ, Стороны запрещают и/или прекращают производство ГБЦД, за исключением случаев, когда они уведомляют Секретариат конвенции о своем намерении применять его для пенополистирола (ППС) и экструдированного полистирола (ЭПС), предназначенных для применения в зданиях, как это предусмотрено в приложении А к Конвенции. В настоящее время исключения на производство ГБЦД официально зарегистрировали Китай, Чехия и Турция.

В странах ЕС ГБЦД включен в приложение XIV системы регулирования REACH в 2011 г.; в 2016 г. принята поправка к Положению ЕС №850/2004 Европейского парламента и Совета о СОЗ, согласно которому устанавливаются предельные значения ГБЦД в препаратах и изделиях на уровне равном или ниже 100 мг/кг (0,01% по весу). Запрет на производство, использование, продажу, импорт пеноматериалов с ГБЦД, пенополистирола и экструдированного полистирола и промежуточных продуктов, содержащих ГБЦД, для использования в строительстве введен в Канаде. В Китае, который является крупнейшим производителем и потребителем ГБЦД в мире, предприятия должны регистрировать импорт и экспорт ГБЦД с 1 января 2017 г.; производство и использование ГБЦД может осуществляться до конца 2021 г.

Выполненные исследования показали, что законодательные и нормативно-технические документы, регулирующие обращение с ГБЦД и материалами/изделиями, содержащими ГБЦД, в Беларуси пока отсутствуют. Рекомендации по экологически безопасному обращению с изделиями/отходами, содержащими гексабромциклододекан, базируются на международных руководствах, разработанных под эгидой Стокгольмской конвенции о СОЗ и Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением, с учетом опыта зарубежных стран, а также принимая во внимание ситуацию с использованием изделий/материалов, содержащих ГБЦД, в Беларуси. Рекомендации включают общие сведения о гексабромциклододекане и сферах его применения, типах полистирола/пенополистирола и отходов, содержащие или потенциально содержащих ГБЦД, анализ ситуации с использованием ГБЦД и вспенивающегося полистирола в Беларуси, международные обязательства по Стокгольмской конвенции о СОЗ, касающиеся ГБЦД, альтернативы ГБЦД при производстве вспененного и экструдированного полистирола, общие требования к предотвращению поступления ГБЦД в окружающую среду, правила обращения с изделиями и отходами, содержащими ГБЦД, экологически безопасные методы утилизации отходов, содержащих ГБЦД.

Установлено, что ГБЦД продолжает поступать в Беларусь в составе полистирола вспенивающегося. Всего за период с 2000 по 2017 г. в страну было ввезено более 190 тыс. т, экспортировано – менее 4 тыс. т данного материала. Показано, что по-прежнему в сопроводительной документации на полистирол (паспортах безопасности, ТУ, сертификатах) нет информации о содержании или отсутствии ГБЦД. В ГОСТах, СТБ и ТУ на производство пенополистирольных плит также отсутствует информация об антипиренах. В то же время получено подтверждение о содержании ГБЦД в полистироле вспенивающимся в концентрации от 0,6 до 1% от таких производителей как ОАО «Пластик» и АО «Сибур-Химпром (Российская Федерация). Кроме того, ГБЦД может содержаться в полистироле, поступающем от производителей Китая и стран ЕС. Полистирол вспенивающийся используется как минимум на 15 предприятиях, выпускающих пенополистирольные плиты для утепления зданий/сооружений, а также для других целей (например, сэндвич-панели для автомобилей). В прошлом не исключается использование ГБЦД при производстве экструзионного пенополистирола.

Анализ ситуации с отходами полистирола показал, что в страну объем импорта товаров под кодами ТН ВЭД АЕЭС – 3915200000 (отходы, обрезки и скрап, из пластмасс: полимеров стирола) и 921110000 (плиты, листы, пленка и полосы или ленты из пластмасс, прочие: из полимеров стирола) в 2017 г. составил около 6 тыс. т, экспорта – 2,45 тыс. т. Это означает, что в Беларуси осталось 3,55 тыс. т отходов, которые, вероятно, используются в производственном процессе. Основной объем отходов полистирола на рынок Беларуси поставляется из России, на долю которой приходится около 98 % объема поставок.

Согласно статистической отчетности по формам 1-отходы, в 2017 г. в Беларуси образовалось 8,35 тыс. т отходов на основе полистирола, из которых около 52% приходится на долю отходов полистирола (код 5710801) и 32,3% – на долю остатков и смесей полимерных материалов (5710100).

К настоящему времени под эгидой Стокгольмской конвенции о СОЗ и Базельской конвенции о контроле трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением, при содействии ЮНИДО и ЮНИТАР разработаны руководства, рекомендованные для использования при обращении с отходами, содержащими ГБЦД. Для обеспечения экологически безопасного обращения с изделиями и отходами, содержащими или потенциально содержащими ГБЦД, а также с целью предотвращения поступления опасных химических веществ в окружающую среду и минимизации их негативного воздействия необходимо соблюдение следующих требований:

- прекращение использования ГБЦД, полистирола вспенивающегося и других материалов, содержащих ГБЦД;
- маркировка продуктов и изделий, содержащих ГБЦД, которые продолжают производиться при регистрации в секретариате Конвенции, является обязательным условием;
- предотвращение образования отходов с ГБЦД путем изоляции и отделения таких отходов от всех других отходов в месте их образования с целью предотвращения их смешивания с другими отходами и загрязнения от них. Смешивание или соединение отходов, содержащих ГБЦД в количествах, превышающих 100 мг/кг или 1000 мг/кг, с другими материалами исключительно с целью получения смеси с концентрацией ГБЦД в количестве 100 мг/кг или 1000 мг/кг или ниже, не является экологически безопасным;
- сбор и хранение отходов с надлежащими мерами для предотвращения рассеяния, возможного выщелачивания и последующего поступления опасных веществ в подземные воды;
- переработка/удаление отходов, содержащие ГБЦД, в количестве свыше 100 мг/кг или 1000 мг/кг должны удаляться таким образом, чтобы содержащиеся в них СОЗ уничтожались или необратимо преобразовывались;
- мониторинг, который должен осуществляться на объектах по обращению с ГБЦД и отходами, содержащими ГБЦД.

Рекомендации по экологически безопасному обращению с изделиями/отходами, содержащими к-декаБДЭ.

Коммерческие декабромдифениловый эфир (к-декаБДЭ) используется в качестве огнестойкой добавки для предотвращения возгорания материалов и распространения пламени. Применяется преимущественно при производстве полимерных материалов, в меньшей степени – текстильных изделий, клеев, герметиков и других видов продукции. Пластмассы, содержащие к-декаБДЭ, используются в электротехническом и электронном оборудовании, проводах и кабелях, трубах и ковровых покрытиях. В текстильной промышленности к-декаБДЭ в основном используется в специализированных тканях, в основном для общественных зданий и транспорта, а также в тканях для обивки мебели в домах в странах со строгими нормами пожарной безопасности [1]. Считается, что до 90% к-декаБДЭ используется для изготовления пластмассы и пластмассовых элементов электронных изделий [2]. Обычно в составе пластика содержание к-декаБДЭ составляет 10–15% общего веса, достигая в некоторых случаях 20%.

Промышленное производство к-декаБДЭ началось в 1970-х гг. и продолжается до сих пор. Общее производство к-декаБДЭ в глобальном масштабе за период с 1970 до 2002 г. оценивается в 1,1–1,25 млн т (примерно столько же, сколько производство ПХБ) [2].

ДекаБДЭ более десяти лет находится под пристальным вниманием в связи с его потенциальным негативным воздействием на здоровье человека и окружающую среду. К настоящему времени в ряде стран приняты меры по ограничению использования к-декаБДЭ, в том числе некоторыми крупными производителями электроники. В странах ЕС приняты директивы 2002/95/ЕС RoHS и 2011/65/ЕС RoHS, в которых введены ограничения содержания ПБДЭ, включая декаБДЭ, в электрическом и электронном оборудовании (ЭЭО). Максимально допустимая концентрация ПБДЭ в ЭЭО установлена на уровне 0,1 % от массы в однородных материалах. Регулирование отходов, содержащих ПБДЭ, в странах ЕС осуществляется через Директивы 2000/53/ЕС, 2002/96/ЕС и 2012/19/ЕС, которыми устанавливаются требования к сбору, отдельной переработке и перемещению отходов, содержащих ПБДЭ. Ограничения в отношении декаБДЭ введены также в Канаде, США, Норвегии, в некоторых странах Азии (Китае, Корее, Индии).

Первым документом, ограничивающим применение ПБДЭ в полимерных материалах на территории Беларуси, явился Технический регламент Евразийского экономического союза «Об ограничении применения опасных веществ в изделиях электротехники и радиотехники» (ТР ЕАЭС 037/2016). Согласно ТР ЕАЭС 037/2016, с 1 марта 2018 г. Содержание полибромированных дифенилов в изделиях электротехники и радиоэлектроники не должно превышать 0,1% от массы однородного вещества.

Декабромдифениловый эфир, согласно решению SC-8/10, включен в приложение А Конвенции с конкретными исключениями для его производства и использования, в том числе для запасных частей транспортных средств, летательных аппаратов, текстильных изделий, за исключением одежды и игрушек, в качестве добавки в пластмассовых корпусах и деталях, используемых для бытовых обогревательных приборов, утюгов, вентиляторов и др.[3]. Срок действия конкретных исключений, например, для запасных частей транспортных средств истекает в конце срока службы транспортных средств или в 2036 г., летательных аппаратов, сертификат для которых был получен до декабря 2022 г., в конце срока службы этих летательных аппаратов. Это означает, что производство декаБДЭ будет продолжаться для указанных исключений, соответственно, неизбежно распространение данного вещества с готовыми изделиями.

Согласно Конвенции, все запасы к-декаБДЭ в составе отходов должны быть выявлены и удалены экологически безопасным способом. Вторичная переработка полимерных изделий, содержащих к-декаБДЭ, запрещена. В этой связи вопросы обращения с отходами, содержащими или потенциально содержащими к-декаБДЭ, как и другие ПБДЭ, являются важнейшей сферой регулирования в связи с обязательствами по Стокгольмской конвенции о СОЗ.

Рекомендации по экологически безопасному обращению с изделиями/отходами, содержащими декабромдифениловый эфир разработаны в целях реализации положений Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях с целью предупреждения поступления в окружающую среду и дальнейшего распространения декабромдифенилового эфира. Рекомендации содержат общие сведения о коммерческом декабромдифениловом эфире (к-декаБДЭ) и сферах его применения, краткую информацию о ситуации с к-декаБДЭ в Беларуси, международные обязательства по Стокгольмской конвенции в отношении к-декаБДЭ, требования к обращению с изделиями и отходами, содержащими к-декаБДЭ.

При разработке Рекомендаций учтены национальные нормативные законодательные документы, а также использованы методические руководства, разработанные под эгидой секретариатов Стокгольмской и Базельской конвенций, ЮНЕП, ЮНИДО и других международных организаций, а также опыт других стран в обращении с ПБДЭ и изделиями/отходами, их содержащими.

Анализ ситуации с к-декаБДЭ в Беларуси для целей его последующего регулирования включал сбор информации об объемах поступления и использования к-декаБДЭ как антипирена в технологическом процессе, об использовании первичных полимерных материалов, в которых возможно содержится к-декаБДЭ, а также об обращении с отходами ЭЭО

и другими полимерными отходами, содержащими или потенциально содержащими к-декаБДЭ. Выполненные исследования показали, что к-декаБДЭ импортируется в Беларусь. Поскольку под одним кодом классификатора ТН ВЭД 2909 30 3800 вместе с к-декаБДЭ учитываются также два других вещества (декабромдифенилэтан (DBDPE) и FR 720 (бис-2,3-дибромпропиловый эфир тетрабромбисфенола А), то определить точное количество к-декаБДЭ не представляется возможным. Всего в 2016 г. в Беларусь поступило 8,7 т бромированных эфиров и их производных, в 2017 г. – 3,0 т. Среди первичных полимеров, потенциально содержащих к-декаБДЭ, импортируемых в Беларусь, наиболее значительны объемы поступления сополимеров акрилонитрилбутадиен-стирольных (АБС), объемы поступления которых в 2016 г. составили 7,3 тыс. т, в 2017 г. – около 7,0 тыс. т. Наибольшее количество АБС-пластика поступало в Беларусь из стран ЕС, прежде всего из Бельгии; на втором месте – Республика Корея, на третьем – Россия.

К-декаБДЭ используется при производстве термостойких композиционных материалов «Белтер». Содержание декаБДЭ в готовой продукции ОАО «Могилевхимволокно» составляет около 7,4 %; «Белтер» используется на ОАО «Белсельэлектросетьстрой» и ряде других предприятий. Сфера применения АБС-пластика, потенциально содержащего к-декаБДЭ, весьма широка: предприятия машиностроения, приборостроения и др.

В ходе исследований установлено, что система заготовки отходов АБС-пластика и других полимерных отходов в Беларуси находится в стадии становления и развития. Сбор отходов электронного и электрического оборудования в Беларуси начат с 2013 г.; в 2015 г. дополнился централизованным сбором от физических лиц. В 2016 г. объемы заготовки отходов ЭЭО составили 4,5 тыс.т. Приведенные данные касаются общей массы электронного и электрического оборудования, но не массы пластика. Из большого перечня предприятий по переработке полимерных отходов, имеющих лицензии, основная их часть ориентирована на сбор и переработку полиэтилена и ПЭТ-бутылок. Основное количество устаревшей бытовой техники и электронного оборудования собирается и перерабатывается на ОАО «БелВТИ»; значительные количества собираются и перерабатываются УП «Унидрагмет БГУ». Вторичная переработка АБС-пластика и других полимерных отходов, потенциально содержащих к-декаБДЭ, может осуществляться на промышленных предприятиях, где используются первичные полимерные материалы.

Установлено, что технологический процесс переработки устаревшей бытовой техники и электронного оборудования на ОАО «БелВТИ» и УП «Унидрагмет», КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод» и других, судя по имеющейся информации, ограничивается разборкой техники, выделением стекла, металла, пластика; в отношении пластика осуществляется сортировка по видам и цвету, прессование или упаковка. На предприятиях, имеющих лицензии, разрешено производство ряда видов продукции, изготавливаемой из отходов АБС-пластика и других полимерных отходов, которые представляют собой полуфабрикат, поступающий на вторичное использование, в том числе для изготовления бытовых изделий. Это означает потенциальное перераспределение декаБДЭ в новые виды продукции, а также их поступление в окружающую среду.

Одно из важнейших обязательств, согласно Стокгольмской конвенции в отношении обращения с материалами/отходами, содержащими СОЗ – скорейшее разделение и удаление отходов, содержащих ПБДЭ, из потока рециркуляции, чтобы избежать их повторного появления в новых изделиях. Запрещается преднамеренное разбавление этих веществ во время процессов рециркуляции, поскольку общее количество СОЗ, выброшенных в окружающую среду, не будет изменено. Изделия и оборудование, утратившие потребительские свойства, а также физически и морально устаревшие, передаются на специализированные предприятия, где подлежат разборке с целью выделения пластмассовых деталей, содержащих или потенциально содержащих к-декаБДЭ или другие бромсодержащие антипирены, относящиеся к СОЗ, в том числе к-пентаБДЭ, к-октаБДЭ и ГБЦД.

Для обеспечения экологически безопасного обращения с изделиями и отходами, содержащими или потенциально содержащими к-декаБДЭ, а также с целью предотвращения

поступления опасных химических веществ в окружающую среду и минимизации их негативного воздействия необходимо раздельное хранение отходов, содержащих или потенциально содержащих к-декаБДЭ, с целью предотвращения смешивания и разбавления с другими отходами. Отходы, содержащие или потенциально содержащие к-декаБДЭ, подлежат экологически безопасной утилизации.

С учетом опыта зарубежных стран представляется целесообразным введение запрета на экспорт/импорт и использование ПБДЭ (коммерческих продуктов). Кроме того, необходимо ввести запрет на вторичную переработку полимерных изделий, содержащих ПБДЭ, и/или на ограничение использования пластика, содержащего или потенциально содержащего ПБДЭ, например, для производства детских игрушек, упаковки для продуктов питания, хранения воды и др.

Список использованных источников

1. OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development (2014): Risk management of installations and chemicals. Brominated Flame Retardants. [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.oecd.org/env/ehs/risk-management/brominatedflameretardants.htm>. – Date of access: 05.02.2017. Bromine Science and Environmental Forum, BSEF (2013). About decabromodiphenyl ether (decaBDE), <http://www.bsef.com/our-substances/deca-bde/about-deca-bde>.
2. Оценка регулирования рисков, связанных с декабромдифениловым эфиром (коммерческая смесь, к-декаБДЭ). Доклад Комитета по рассмотрению стойких органических загрязнителей о работе его одиннадцатого совещания. Добавление 2015. UNEP/POPS/POPRC.11/10/Add.1// [Electronic resource]. – Mode of access: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/ReportsandDecisions/tabid/3309/Default.aspx>. – Date of access: 07.02.2017.
3. Report of the Conference of the Parties to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants on the work of its eighth meeting. UNEP/POPS/COP.8/32. Geneva, 2017.

УДК 54.056

Н.Г. Цыганкова, Т.А. Савицкая, Н.А. Мелеховец, С.Н. Бакун, Д.Д. Гриншпан
НИИ ФХП БГУ, г. Минск, ОАО «Бобруйский завод биотехнологий», г. Бобруйск

НОВЫЕ ВИДЫ СОРБЕНТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА

Гидролизный лигнин является крупнотоннажным отходом гидролизной промышленности и его запасы в отвалах при гидролизных заводах в Беларуси в городах Речица и Бобруйск по разным оценкам составляют от 4 до 6 млн. тонн. Лигнинсодержащие отходы занимают большие территории, труднодоступны для микробного разложения в природных условиях, загрязняют почву, водоемы, воздух, что создает серьезную экологическую проблему. Поэтому разработка способа утилизации гидролизного лигнина как доступного и дешевого сырья, отличного от сжигания в котельных установках, с получением новых материалов, имеющих народнохозяйственное значение, задача актуальная.

Лигнин является капиллярно-пористым природным полимером и благодаря ароматическому строению и элементному составу, характеризующемуся повышенным содержанием углерода (55-65%), может быть использован в качестве исходного сырья для получения новых видов сорбентов, в том числе и сорбентов для защиты окружающей среды.

В НИИ физико-химических проблем БГУ из гидролизного лигнина по специально разработанным технологиям получены легкоутилизируемый сорбент для нефти и нефтепродуктов «Лигносорб» и «Уголь активированный лигниновый».

1. «Лигносорб» – новый эффективный природный сорбент для нефти и нефтепродуктов

Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов неизбежны, так как этот вид сырья и топлива в огромных количествах ввозится различными видами транспорта для внутренних

нужд нашей страны. Нефтяное загрязнение отличается от других антропогенных воздействий тем, что оно создает «залповую» нагрузку на среду, выводя ее из устойчивого состояния. Это требует безотлагательных и быстрых мер по ликвидации нефтяных разливов на воде и суше. Однако загрязнение окружающей среды нефтепродуктами происходит не только в результате аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, а, в основном, в безаварийных ситуациях. Основными источниками нефтезагрязнений являются остатки моторных, дизельных, авиационных, промышленных, трансмиссионных, компрессионных масел, потерявших свои потребительские свойства; нефтеотходы после мойки подвижных железнодорожных составов и оборудования; кислый гудрон, шламы нефтеловушек, нефтеотделительных установок, шлам очистки трубопроводов и емкостей (бочек, контейнеров, цистерн, гудронаторов) от нефти.

Одним из наиболее перспективных решений проблемы удаления разлившихся нефти и продуктов ее переработки является использование сорбционных технологий, основанных на применении специальных материалов – сорбентов. В настоящее время в мире производится более 200 сорбентов, которые по принципу их действия можно условно разделить на две группы. Сорбенты первой группы быстро тонут с поглощенной нефтью, только на некоторое время скрывая загрязнение, так как сорбированная нефть снова всплывает (хотя уже и в меньших объемах). Ко второй группе относятся высокочемкие сорбенты, главным образом, синтетические, обладающие сверхвысокой плавучестью в нефтенасыщенном состоянии. Производятся синтетические сорбенты в виде гранул, пластин, рулонных материалов из вспененных полиэтилена, полиуретана, фенолформальдегидных смол и других полимеров. Они отличаются друг от друга сорбционной емкостью, гидрофобностью, способностью удерживать нефтепродукт, а объединяет их, к сожалению, только один существенный недостаток – трудность утилизации. Полученный нами нефтесорбент «Лигносорб» – это гидрофобизованный лигнин, который представляет порошок темно-коричневого цвета с насыпной плотностью не более 350 кг/м³. Диаметр частиц сорбента находится в диапазоне 0,25–0,8 мм. Нефтепоглощительная способность «Лигносорба» составляет от 100 до 500 % в зависимости от вида нефтепродукта. Содержание воды в сорбенте до 30 % не влияет на нефтеемкость образца.

Результаты сравнительных испытаний «Лигносорба» и других видов нефтесорбентов белорусского и российского производства «Ливсор-С», «Пенопурм», «Лессорб» и «Экоторф» в конкретном эксперименте по сбору разлитой нефти с поверхности воды приведены в таблице.

Таблица – Характеристики сорбентов, используемых для очистки воды от наслоенных нефтепродуктов

Сорбент	Насыпная плотность кг/м ³	Плавучесть в нефтенасыщенном состоянии	Сорбция,* г/г	Масса сорбента для сорбции 1 т сырой нефти, кг	Цена сорбента, \$/кг	Стоимость сорбента, необходимого для сорбции 1 т сырой нефти, \$	Объем сорбента для сорбции 1 т сырой нефти, м ³
«Ливсор-С» (ЗАО «Ливсор» Россия-Беларусь)	~10	++++	~35	30	>20	~600	~3,0
«Пенопурм» (Беларусь)	12	++++	~20	50	~30	~1500	~4,2
«Лессорб» (мох) (Россия)	~70	++	~10	100	~4	~400	~1,4
«Экоторф» (Беларусь)	~70	+	3-5	200	~2	~400	~2,8
«Лигносорб» (Беларусь)	~250	+++	3-5	200	~1	~200	~0,8

*Продолжительность сорбции 20 минут

«Ливсор-С» представляет собой пухообразный порошок темно-серого цвета, полученный в результате термического расщепления специально обработанного графита. Основным недостатком этого сорбента состоит в том, что рассыпка его по поверхности практически

невозможна из-за ветра (практически это пыль); поэтому он используется главным образом в бонах или матах.

«Пенопурм» – синтетический сорбент на основе вспененного полиуретана; выпускается в виде крошки и пластин.

Основные недостатки:

– не утилизируется, так как нельзя сжигать и нельзя захоранивать с сорбированной нефтью (при сжигании выделяет пары синильной кислоты);

– использовать сорбент многократно весьма затруднительно т. к. для этого дополнительно необходима в каждом районе аварии установка для отжима и специальный склад для хранения пожароопасного материала, содержащего остатки нефти;

– это тоже сверх легкий материал, занимает большой объем в транспортном средстве и поэтому не может быть использован в качестве аварийного материала в передвижных нефтезаправщиках;

– как и «Ливсор-С» имеет очень высокую цену (не менее 25 \$ за 1 кг сорбента), что обуславливает высокую стоимость сорбента, необходимого для сбора 1 т нефти;

– в реальных условиях практически невозможно использовать его высокую сорбционную способность, так как нефть разливается тонким слоем (1–2 мм), а пятна при разливе имеют геометрически неправильную форму; при этом из-за ветра и волн нельзя полностью покрыть этим материалом аварийное пятно.

В отличие от других природных сорбентов, например, на основе мха или торфа «Лигносорб» не требует дополнительных затрат на добычу, а поэтому очень дешев; не обладает парусностью при нанесении на нефтяное пятно, не тонет вместе с нефтью, а превращает нефть и нефтепродукты в течение нескольких десятков секунд в твердый плавающий более пяти суток композит, который механически может быть собран с поверхности воды и утилизирован в печах для твердого топлива любой мощности. Топливный композит, можно переработать в твердую гранулированную массу, а также в топливные пеллеты и брикеты, поскольку лигнин в нефтенасыщенном состоянии прочно удерживает нефтепродукт, что позволяет осуществить его прессование. По теплоте сгорания такое топливо не только не уступает, но и превосходит известные виды твердых топлив – бурый уголь, каменный уголь, антрацит.

Полученные результаты позволили предложить лигниновый сорбент «Лигносорб» не только для сбора нефтепродуктов с поверхности воды и твердых поверхностей различной природы (пластмассовых, металлических), но и для утилизации жидких нефтепродуктов, потерявших свои потребительские свойства, в новый вид твердого композитного топлива. В термическом и кузнечном цехах РУП «МТЗ» в процессе термической обработки деталей тракторов ежегодно образуются жидкие маслосодержащие отходы в количестве до 50 тонн. Поиск путей утилизации маслосодержащих отходов, отличных от вывоза их на полигон, позволил сформулировать новое решение этой проблемы, а именно: разработать технологический процесс по превращению жидких маслосодержащих отходов в твердый вид топлива с использованием гидрофобизованного лигнина «Лигносорб». Введение в состав «Лигносорба» отходов промышленных масел кузнечного и термического цехов позволило увеличить теплоту его сгорания в среднем на 10 МДж/кг, которая составила 26 МДж/кг, а низкое содержание серы в полученных образцах указывает на их экологичность и пригодность для сжигания в твердотопливных печах и котельных установках.

Анализ процесса горения топливных гранул показал, что введение нефтепродуктов в состав лигнина значительно сокращает время воспламенения, увеличивает продолжительность стадии устойчивого горения, сокращает продолжительность стадии тления; при этом эмиссия СО при горении является минимальной.

Производство нового вида топлива на основе экологически опасных отходов представляет «зеленый» путь решения проблемы защиты окружающей среды от отходов лигнина и нефте- и маслосодержащих продуктов. В настоящее время технологический процесс получения лигнинового сорбента и твердого композиционного топлива реализован в ОАО «Бобруйский завод биотехнологий». Создана опытно-промышленная установка; уже произведено и реализовано 3000 т сорбента и топлива.

2. Уголь активированный лигниновый

Активированные угли (АУ) относят к группе пористых твердых материалов, структура которых представляет собой пакет плоских параллельных углеродных сеток, напоминающих структуру идеального графита. Адсорбционные свойства АУ определяются в первую очередь пористой структурой, формирование которой обусловлено различными комбинациями кристаллитов графита и аморфного углерода [1].

В настоящее время АУ получают почти из всех видов углеродсодержащего сырья: древесины, целлюлозы, лигнина, древесного, каменного и бурого углей, торфа, нефтяного и каменноугольного пеков, синтетических полимерных материалов, жидких и газообразных углеводородов, различных органических отходов, скорлупы орехов и фруктовых косточек и т.д. В зависимости от типа исходного сырья получают АУ с различной пористостью. В частности, АУ на основе скорлупы кокосовых орехов или фруктовых косточек имеют развитую микропористость и эффективны для извлечения низкомолекулярных соединений. При использовании в качестве сырья спекающихся углей получены мезопористые структуры, на основе торфа – макропористые [2].

Многие предприятия Беларуси нуждаются в осветляющих и дезодорирующих углях, однако они до сих пор в республике не производятся. Методом химической активации гидролизного лигнина нами получен новый вид мезопористого активированного угля.

Исследована зависимость выхода активированного угля, получаемого из гидролизного лигнина, а также его адсорбционной активности по отношению к стандартному маркеру метиленовому голубому от способа предварительной обработки исходного сырья. Определены условия активационной обработки гидролизного лигнина, оптимальные температурно-временные режимы его карбонизации и способы его деминерализации в процессе получения кислых, нейтральных и щелочных активированных углей.

Получены порошкообразные активированные угли с выходом 40-50 % и высокой адсорбционной активностью по отношению к метиленовому голубому (400–600 мг/г) из отходов гидролизного производства – гидролизного лигнина, что в 1,5–2 раза превышает адсорбционную активность коммерческих промышленных образцов – осветляющих древесных порошкообразных активных углей (Россия, г. Пермь). Эти угли имеют удельную поверхность 1200–1600 м²/г.

Такие угли будут эффективны в решении многих экологических проблем: в процессах очистки воздуха и осветления растворов в различных отраслях промышленности от высокомолекулярных и окрашивающих примесей, в водоподготовке и водоочистке для сорбции органических загрязнителей, которые обуславливают запах, цветность, вкус и окисляемость воды.

Список использованных источников

1. Уббелде, А.Р. Графит и его кристаллические соединения / А.Р. Уббелде, Ф.А. Льюис; под ред. Е.С. Головиной, О.А. Цухановой. – М.: Мир, 1965. – 256 с.

2 Кузнецов, Б.Н. Синтез и применение углеродных сорбентов / Б.Н. Кузнецов // Сорбционный образовательный журн. – 1999. – № 12. – С. 29–34.

УДК 628.4

Е.А.Ботян, зав. отделом обращения с отходами; М.П. Дударенко ст. науч. сотр.
РУП «Бел НИЦ «Экология», г.Минск

НОРМИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ

Для мирового сообщества пути управления отходами определены на Всемирной конференции по устойчивому развитию в Йоханнесбурге в 2002 г. Они включают предотвращение образования отходов, максимальное повторное использование и вторичную переработку,

а также применение альтернативных экологически безопасных материалов. Реализация намеченных путей позволит минимизировать неблагоприятное воздействие отходов на человека и окружающую среду и повысить эффективность использования вторичных ресурсов.

В странах Евросоюза наряду с национальными мерами большой вклад в управление отходами вносит разработка общих стратегий. Процессы образования, учета, переработки и утилизации отходов регулируются целым рядом документов, которые можно разделить на две большие группы – программные и нормативные. Программные (Action Programmes) – так называемые программы действий имеют рамочный характер, определяют основные цели для стран Евросоюза на среднесрочную или долгосрочную перспективу (как правило, от 3-5 до 10 лет и более). Нормативные (договоры, директивы, правила, нормативы и др.) – документы, обязательные для исполнения. Они могут иметь рамочный характер (например, Рамочная директива по отходам) или касаться решения отдельных задач (например, регулирования допустимых норм выбросов при мусоросжигании, технологии захоронения отходов на полигонах и т. д.).

Программы действий Евросоюза являются стратегическими документами, в них устанавливаются конкретные целевые показатели, которые должны быть достигнуты в долгосрочной или среднесрочной перспективе. Так, например, при разработке европейской стратегии устойчивого развития было принято решение о необходимости прервать связь между ростом производства и увеличением образования отходов.

Изучение европейского опыта гармонизации технических нормативов показало, что каждое государство – член Европейского союза имеет независимую систему нормирования, гармонизированную с общеевропейскими подходами по отдельным направлениям. В странах ЕС при наличии разных систем государственного управления природоохранной деятельностью гармонизированный подход заключается в следующем.

Для различных территорий (не в целом по стране) государством разрабатываются нормативы допустимой антропогенной нагрузки, устанавливающие какую негативную нагрузку (выбросы, сбросы и др. загрязнители) может вынести данная территория с учетом ее климатических, геологических условий, состояния окружающей среды без превышения нормативных качественных показателей. Следует отметить, что международные нормативы ограничения загрязнения рассчитываются для нескольких периодов осреднения: короткий период воздействия загрязняющих веществ (максимально-разовые концентрации); более продолжительный период воздействия (8 часов, сутки, по некоторым веществам – год).

В основу концепции снижения негативного влияния на окружающую среду в странах ЕС положены мероприятия, направленные на предотвращение образования загрязнений в технологическом процессе или сведение их к минимуму. Разрешение на строительство во всех случаях основывается на условиях, предусматривающих меры, направленные на снижение объемов образования загрязняющих веществ, распространяющихся на большие расстояния, или трансграничного загрязнения, а также на обеспечение высокого уровня охраны окружающей среды в целом.

Членам ЕС предписано создать условия для того, чтобы уполномоченные органы следили за достижениями в области наилучших доступных технологий (методов) или получали информацию о них. Центральным элементом комплексного подхода является общий принцип, согласно которому инициаторы деятельности должны принимать все уместные меры по предотвращению загрязнения, включая «наилучшие доступные технологии (методы)», BAT (the best available technologies), позволяющие им повысить экологическую результативность деятельности, включая ее энергоэффективность.

В реестрах «Наилучшие доступные технологии (методы)» указаны технологические нормативы выбросов, сбросов, сырья, ресурсов, энергозатрат. Выбор технологии с использованием реестров при проектировании объектов строительства производится с учетом планируемой производительности, объема предполагаемых инвестиций, возможной антропогенной нагрузки.

Такой подход способствует реализации технологий с минимальным образованием загрязняющих веществ и отходов, тем самым улучшаются технико-экономические показатели

проектных решений за счет снижения затрат на газоочистку, очистку загрязненных сточных вод, обезвреживание, использование отходов и осуществление природоохранных мероприятий, а в конечном счете, обеспечивается рациональное использование природных ресурсов.

Опираясь на европейские подходы к решению экологических проблем и с целью гармонизации с европейскими природоохранными требованиями, совершенствование технических нормативных правовых актов в области охраны окружающей среды в Беларуси ведется в следующих направлениях.

Законодательно введен термин «наилучшие доступные технические методы» – технологические процессы, методы, порядок организации производства продукции и энергии, выполнения работ или оказания услуг, проектирования, строительства и эксплуатации сооружений и оборудования, обеспечивающие уменьшение и (или) предотвращение поступления загрязняющих веществ в окружающую среду, образования отходов производства по сравнению с применяемыми и являющиеся наиболее эффективными для обеспечения нормативов качества окружающей среды, нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при условии экономической целесообразности и технической возможности их применения /1/.

В республике создан Центр по наилучшим доступным техническим методам (далее – Центр по НДТМ), начата работа по созданию базы данных, проводится адаптация справочника по наилучшим доступным техническим методам Европейского Союза для приоритетных отраслей экономики Республики Беларусь.

Введено понятие «технологических нормативов выбросов, сбросов, образования отходов» – допустимое количество выбросов, сбросов, отходов, устанавливаемое в расчете на единицу сырья, производственной мощности, выпускаемой продукции, производимой энергии, выполняемой работы, объема оказываемой услуги.

Дано определение «требования в области охраны окружающей среды (природоохранные требования, требования экологической безопасности)» – обязательные условия, предъявляемые к хозяйственной и иной деятельности, ограничения или их совокупность, установленные законами, иными нормативными правовыми актами, в том числе техническими нормативными правовыми актами, нормативами в области охраны окружающей среды.

Совершенствование нормативной базы происходит путем внедрения превентивных мер по предотвращению загрязнения через систему технического нормирования и не отменяет требования по обеспечению нормативов качества окружающей среды. Данный подход отвечает европейскому.

В Российской Федерации законом «Об отходах производства и потребления» /2/ статьей 18 предусмотрена разработка нормативов образования отходов и лимитов на их размещение, и определено, что норматив образования отходов – это установленное количество отходов конкретного вида при производстве единицы продукции, т.е. представляет собой удельный показатель образования отходов на расчетную единицу, за которую в зависимости от источника образования отходов могут быть приняты: единица произведенной продукции, единица используемого сырья – для отходов производства; единица расстояния (например, километр) – для отходов обслуживания транспортных средств; единица площади – для отходов при уборке территории; человек – для отходов жилищ; место в гостинице, столовой и пр.

Таким образом, норматив образования отходов не является величиной постоянной, и каждый природопользователь рассчитывает их в соответствии с утвержденными Министерством природных ресурсов и экологии РФ в 2014 году «Методическими указаниями по разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение» /3/. Методические указания устанавливают единый подход к разработке и общие требования к содержанию и оформлению проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР). Методика предлагает использование пяти основных методов определения нормативов образования отходов:

- по материально-сырьевому балансу;
- по удельным отраслевым нормативам (по справочным таблицам удельных нормативов образования отходов по отраслям промышленности);

- расчетно-аналитический (по технологическим картам, рецептурам, регламентам, рабочим чертежам);
- экспериментальный (опытные измерения в производственных условиях);
- по фактическим объемам образования отходов (статистический метод) на основании информации по обращению с отходами за базовый (не менее 3-х лет) период.

В Украине разработанные, согласованные и утвержденные в установленном порядке нормативы образования отходов также являются исходной базой для расчета нормативно-допустимых объемов образования отходов, а методы определения нормативов образования отходов аналогичные с методами, применяемыми в Российской Федерации /4/.

Согласно законодательства Республики Беларусь /5/ норматив образования отходов производства – это установленное на основе нормативно-технической и технологической документации предельно допустимое количество отходов определенного вида, образуемое при производстве единицы продукции или энергии, а также при выполнении работы, оказании услуги.

В Республике Беларусь также используются пять основных методов определения нормативов образования отходов: по материально-сырьевому балансу; по удельным отраслевым нормативам (по справочным таблицам удельных нормативов образования отходов по отраслям промышленности); расчетно-аналитический (по технологическим картам, рецептурам, регламентам, рабочим чертежам); экспериментальный (опытные измерения в производственных условиях); по фактическим объемам образования отходов (статистический метод) на основании информации по обращению с отходами за базовый (не менее 3-х лет) период.

Сравнительный анализ методов расчета нормативов образования отходов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Анализ методов расчета нормативов образования отходов

Метод расчета	Источники информации	Достоинства метода	Применение ограничено
По материально-сырьевому балансу	Технологические карты, описание рецептур, технологические регламенты	Достаточно точный и объективный	Знанием количества сырья и материалов, поступающих в производство и движением сырья и материалов в процессе производства
По удельным отраслевым нормативам образования отходов	Справочные таблицы удельных нормативов образования отходов по отраслям промышленности	Простой в применении и быстрый в расчете	Отсутствием данных удельных нормативов в отрасли; имеют ориентировочный характер и могут изменяться в значительных пределах
Расчетно-аналитический	Технологические карты, рецептуры, регламенты, рабочие чертежи	Достаточно точный	Трудоемкостью аналитических расчетов
Экспериментальный	Опытные измерения в производственных условиях	Применим для изделий, находящихся в стадии освоения	Отсутствием специальной лаборатории и оборудования
По фактическим объемам образования отходов для вспомогательных и ремонтных служб (статистический метод)	Информация по обращению с отходами за базовый (не менее 3-х лет) период	Возможна корректировка данных в соответствии с планируемыми организационно-техническими мероприятиями	Сроком работы предприятия менее трех лет

Методы определения нормативов образования отходов производства зависят от отраслевых особенностей производства. На величину норматива образования отхода существенное влияние оказывают уровень развития технологии, организации производства, наличие системы использования и переработки отходов, действующей на предприятии. Кроме того,

на величине норматива образования отхода сказывается качество используемого сырья: содержание целевого компонента в перерабатываемом сырье, степень и метод его извлечения, характер примесей и др.

Для обеспечения научно-обоснованного нормирования образования отходов, направленного на уменьшение их образования и повышение уровня использования отходов, в процессе нормирования необходимо:

- наладить необходимый, определенный действующими нормативными документами, учет образующихся отходов, контроль технологических процессов, повысить точность измерения массы сырья и материалов при расчетах нормативов по опытным партиям и т.д.;

- в полной мере отражать в нормативах прогрессивные направления развития производства, намечаемые организационно-технические и экономические мероприятия, способствующие экономии материальных ресурсов;

- периодически осуществлять контроль и пересмотр индивидуальных нормативов, своевременно производить перерасчет укрупненных нормативов при изменении индивидуальных нормативов.

Метод расчета по материально-сырьевому балансу. При определении нормативов образования отходов, образующихся в процессе химической переработки исходного сырья, применение расчетно-аналитического метода предусматривает необходимость составления материальных балансов технологических процессов, которые составляются по уравнению основной суммарной реакции с учетом побочных реакций и выражают математическую зависимость образуемых отходов от определяющих факторов.

Метод расчета по удельным отраслевым нормативам образования отходов. Отраслевые нормативы образования отходов разрабатываются:

- путем усреднения индивидуальных значений нормативов образования отходов для организаций отрасли;

- посредством расчета средних удельных показателей на основе анализа отчетной информации за определенный (базовый) период, выделения важнейших (экспертно устанавливаемых) нормообразующих факторов и определения их влияния на значение нормативов.

Расчетно-аналитический метод базируется на установлении зависимостей образования отходов от производственных факторов. Обязательным условием применения этого метода является наличие утвержденных технологических регламентов, методик, нормативных показателей (показателей использования материалов, норм затрат сырья, материалов, топлива, припусков на обработку, карт раскроя, нормативов неизбежных потерь и т.п.), учитывающих достижения науки, техники, технологии и передовой опыт производства продукции.

Этим методом устанавливаются технически и экономически обоснованные нормативы на базе расчетов по всем нормообразующим элементам и анализа условий образования отходов. Применение метода наиболее целесообразно в условиях массового и крупносерийного производства.

Экспериментальный метод применяется для технологических процессов, допускающих определенный диапазон изменений составных элементов сырья (в литейном производстве, химической, пищевой; микробиологической отраслях промышленности), а также при большой трудоемкости аналитических расчетов.

Метод расчета по фактическим объемам образования отходов для вспомогательных и ремонтных служб (статистический метод) применяется для определения нормативов образования отходов производства на основе статистической обработки отчетной информации за базовый (трехлетний) период с последующей корректировкой данных в соответствии с планируемыми организационно-техническими мероприятиями, предусматривающими снижение материалоемкости производимой продукции.

Статистические данные обрабатываются за последние три года с последующей корректировкой нормативов образования отходов на планируемый период в соответствии с тенденциями развития технологии и организации производственного процесса.

В рамках подпрограммы II ГНТП «Природопользование и экологические риски» РУП «Бел НИЦ «Экология» сформирован каталог нормативов образования отходов в Республике Беларусь.

Структура каталога имеет следующий вид.

Нормативы образования отходов в обрабатывающей промышленности:

Производство продуктов питания, напитков и табачных изделий (подсекция СА Общего государственного классификатора Республики Беларусь ОКРБ 005-2011 «Виды экономической деятельности»):

- производство продуктов питания (подсекция СА, код группировки 10);
- производство напитков (подсекция СА, код группировки 11);
- производство табачных изделий (подсекция СА, код группировки 12).

Производство текстильных изделий, одежды, изделий из кожи и меха (подсекция СВ):

- производство текстильных изделий (подсекция СВ, код группировки 13);
- производство одежды (подсекция СВ, код группировки 14);
- дубление, выделка кожи, меха; производство изделий из кожи, кроме одежды (подсекция СВ, код группировки 15).

Производство изделий из дерева и бумаги. Производство мебели (подсекции СС, СМ):

- производство деревянных и пробковых изделий, кроме мебели (подсекция СС, код группировки 16);
- производство целлюлозы, бумаги и изделий из бумаги (подсекция СС, код группировки 17);
- производство мебели (подсекция СС, код группировки 31).

Производство химических продуктов; производство резиновых и пластмассовых изделий, прочих неметаллических минеральных продуктов (подсекции СЕ, СГ):

- производство химических продуктов (подсекция СЕ, код группировки 20);
- производство резиновых и пластмассовых изделий (подсекция СГ, код группировки 22);
- производство прочих неметаллических минеральных продуктов (подсекция СГ, код группировки 23).

Металлургическое производство, производство готовых металлических изделий, производство машин и оборудования (подсекции СН, СК):

- металлургическое производство (подсекция СН, код группировки 24);
- производство готовых металлических изделий; производство машин и оборудования (подсекция СН, код группировки 25; подсекция СК, код группировки 28).

Нормативы образования отходов в сельском хозяйстве (подсекция СА, код группировки 11):

- производство продукции растениеводства (подсекция СА, код группировки 11);
- производство продуктов питания из сырья растительного происхождения, производство мукомольно-крупяных продуктов (подсекция СА, код группировки 1061);
- производство готовых кормов для животных (подсекция СА, код группировки 109);
- складирование и хранение: услуги зернохранилищ (секция Н, код группировки 52100).

Нормативы образования отходов в лесном хозяйстве:

- лесозаготовка (секция А, код группировки 2);
- производство деревянных и пробковых изделий, кроме мебели (подсекция СС, код группировки 16).

Нормативы образования отходов производства при ремонте и техническом обслуживании транспорта:

- техническое обслуживание и ремонт автомобилей (секция G, код группировки 452);
- ремонт, техническое обслуживание прочих транспортных средств (подсекция СМ, код группировки 33170).

Нормативы образования отходов в строительной отрасли:

- производство строительных материалов (подсекция СГ, код группировки 23).

В соответствии с протоколом №1 заседания Научно-технического совета подпрограммы II от 26 июня 2018 г. проведена привязка проекта нормативов к кодам товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД).

С учетом разработанных отраслевых нормативов проведен расчет проекта нормативов образования отходов на ОАО «БМЗ-управляющая компания холдинга «БМК».

Список использованных источников

1. Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» от 26 ноября 1992 № 1982-ХІІ (в ред. от 17.07.2017, с измен. от 30.12.2018 №160-3).
2. Федеральный закон Российской Федерации «Об отходах производства и потребления» от 2 июня 1998 №89-ФЗ (в ред. от 25.12.2018 №483-ФЗ).
3. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 5 августа 2014 г. №349 «Об утверждении Методических указаний по разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение».
4. Закон Украины «Об отходах» от 5 марта 1998 №187/98-ВР.
5. Закон Республики Беларусь «Об обращении с отходами» от 20 июля 2007 № 271-3 (в ред. от 13.07.2016 №397-3).

УДК 628.4

Е.А. Ботян, зав. отделом обращения с отходами,
Я.В. Труш, зав. сектором научного сопровождения технологий обращения с отходами
РУП «Бел НИЦ «Экология», г.Минск

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ БРОМСОДЕРЖАЩИХ СОЗ В СЫРЬЕ, ОТХОДА И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Химикаты, известные как стойкие органические загрязнители, используются в качестве сильнодействующих пестицидов, служат для различных целей в промышленном секторе, выбрасываются в виде непреднамеренного побочного продукта горения и промышленных процессов.

Несмотря на то что разные СОЗ представляют собой различную степень опасности, эти химикаты, по определению, имеют четыре общих свойства: 1) они высокотоксичны; 2) они устойчивы к разложению и сохраняются в течение многих лет или даже десятилетий, пока не распадутся с образованием менее опасных форм; 3) они испаряются и переносятся на большие расстояния по воздуху и по воде; 4) они аккумулируются в жировых тканях.

При проведении анализа о наличии СОЗ, содержащих антипиренов в сырье, продукции, отходах, используется термин «потенциально содержащих». Это связано с тем, что паспорта, сертификаты и другая сопроводительная документация на ввозимое сырье, первичные материалы и товары не содержат в качестве обязательного параметра состав антипирена и его процентное содержание, а также дополнительную маркировку о содержании СОЗ.

Гексабромциклодекан (ГБЦД) – бромированный антипирен, предназначенный для предотвращения самовоспламенения и замедления возгорания горючих материалов.

В Республике Беларусь производство бромированных антипиренов неосуществлялось, и осуществляется в настоящее время. Однако антипирены на основе бромсодержащих химических веществ поступали и могут поступать в страну непосредственно в сырьевых материалах, изделиях либо вводиться как антипирен при производстве полимеров, пластмасс, а также композиционного материала для производства.

Идентификация полимеров, содержащих бромированные антипирены, без применения специальных технологий затруднена отсутствием маркировки об этом. Сопроводительные и нормативно-технические документы не содержат информацию о содержании антипирена.

В соответствии с указаниями, принятыми на Конференции Сторон Стокгольмской конвенции о СОЗ Сторон, для контроля потоков материалов, содержащих бромированные антипирены, относящиеся к СОЗ, требуется скрининг и их выявление.

Быстрое и достоверное определение бромсодержащих химических веществ в полимерных материалах представляет собой основную сложность, являясь при этом необходимым условием при сепарации отходов, содержащих данные загрязнители.

Соответственно, на практике, в целях реализации положений Стокгольмской конвенции о СОЗ необходимо отделять и маркировать все материалы, содержащие бромированные антипирены/ бром, от материалов, не содержащих данные вещества и соединения.

Простым в применении и относительно доступным методом скрининга для выявления пластика, содержащего относящиеся к загрязнителям бромированные антипирены, является рентгено-флуоресцентный анализ (РФА), позволяющий определить наличие брома в сырье, отходах или готовой продукции. В данных рекомендациях присутствие брома в полимерных материалах рассматривается как маркер бромированных антипиренов, но без определения количества и химической природы веществ.

Данные, полученных с помощью РФА, могут использоваться для принятия решений с целью минимизации воздействия бромированных СОЗ на окружающую среду, например, при сепарации отходов, а также для последующего анализа стандартными методами с целью выявления вида бромированного антипирена.

К бромсодержащим антипиренам, широко применяющимся в полимерных материалах, относят полибромированные дифениловые эфиры (ПБДЭ) и гексабромциклододекан (ГБЦД).

В мае 2009 г. Конференция Сторон Стокгольмской конвенции о СОЗ включила в Перечень СОЗ некоторые полибромированные дифениловые эфиры, а именно гекса-, пента-, тетра-, гептабромдифениловый эфир, относящиеся к СОЗ. ПБДЭ представляют собой смеси дека-, пента-, гекса-, окта-ПБДЭ, где основным компонентом выступает один изомер – пентабромциклододекан.

Перечисленные бромсодержащие химические вещества применяются при производстве различных видов полимеров, пластмасс, клеев, герметиков, для обработки тканей. Однако считается, что основная сфера их применения – использование в качестве антипиренов при производстве полимерных материалов, пластмасс, композитных материалов.

На 5-ой Конференции Сторон Стокгольмской конвенции о СОЗ в 2013 г. ГБЦД был включен в Перечень СОЗ. Обращение с отходами, содержащими ГБЦД, регулируется также Базельской конвенцией о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением, Стороной которой является Республика Беларусь.

1,2,5,6,9,10-ГБЦД имеет 6 стереогенных центров и, в теории, может быть образовано 16 стереоизомеров, однако в техническом ГБЦД обычно встречаются только три стереоизомера: α -ГБЦД имеет номер: 134237–50–6; β -ГБЦД – номер КАС: 134237–51–7; γ -ГБЦД – номер КАС: 134237–52–8. Технический ГБЦД – это белое твердое вещество. Технический бромированный антипирен ГБЦД – это липофильное вещество, имеющее высокое химическое родство с твердыми частицами и низкую растворимость в воде. ГБЦД выпускается в Китае под маркой Mosinter. В зависимости от производителя и технологии производства, технический ГБЦД состоит из 70–95 процентов γ -ГБЦД и 3–30 процентов α -и β -ГБЦД. В техническом ГБЦД присутствуют также два других стереоизомера: δ -ГБЦД и ϵ -ГБЦД в концентрации соответственно 0,5% и 0,3%.

Основная сфера применения ГБЦД – производство вспененного и экструдированного полистирола, который широко использовался и используется для теплоизоляции в строительстве (более 90% общего объема ГБЦД). Другие виды продукции, для которых применялся ГБЦД – ударопрочный полистирол, предназначенный для электронного и электротехнического оборудования.

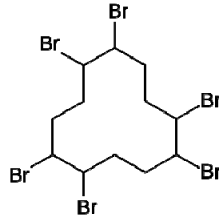
Номенклатура импортированных изделий, содержащих ПБДЭ, чрезвычайно широка: электронное и электротехническое оборудование (телевизоры, мониторы, компьютеры, ноутбуки, мобильные телефоны и др.); детали бытовой и автомобильной техники; строительные материалы (пенные наполнители, термоизоляционные плиты, панели и др.); текстиль; изделия из пенополиуретана (матрасы, сидения) и др.

Стойкость ПБДЭ в окружающей среде хорошо задокументирована. Единственными выявленными на сегодняшний день реальными путями разложения этих веществ являются

процессы фотолиза, анаэробной деградации и метаболизма в биоте путем дебромирования и трансформации в другие БДЭ, которые могут обладать более высокой токсичностью и способностью к биоаккумуляции.

Поступление бромированных антипиренов в окружающую среду возможно на различных этапах жизненного цикла материалов/изделий: при их производстве, использовании, транспортировке, обращении с отходами (хранении, использовании, удалении). Полимерные материалы, являясь потенциально долгосрочными источниками загрязнения окружающей среды, после окончания срока эксплуатации требуют контроля для предотвращения загрязнения окружающей среды. Так, согласно Докладу Комитета по рассмотрению СОЗ о работе его седьмого совещания, теплоизоляционные материалы, содержащие ГБЦД, будут потенциальным долгосрочным источником загрязнения окружающей среды, особенно после 2025 г., когда подойдут сроки ремонта/сноса зданий, для которых использовались пенополистирольные материалы.

Таблица – Основная информация о ГБЦД

Химическое название (ИЮПАК)	ГБЦД
Идентификационные номера (номер CAS (уникальный численный идентификатор химических соединений), номер ЕС (уникальный семизначный идентификатор, который был присвоен веществу для нормативных целей в рамках Европейского Союза))	CAS №: 25637-99-4, 1,2,5,6,9,10-гексабромцикло-додекан (CAS №: 3194-55-6) и его основные диастереоизомеры: альфа-гексабромциклододекан (номер CAS: 134237-50-6); бета-гексабромциклододекан (номер CAS: 134237-51-7); и гамма-гексабромциклодо-деканом (CAS №: 134237-52-8). Номер ЕС: 247-148-4
Молекулярная формула и структурная (общая) формула, молекулярная масса:	$C_{12}H_{18}Br_6$  641.7 г/моль
Названия основных идентифицированных диастереоизомеров	альфа-гексабромциклододекан (CAS №: 134237-50-6) бета-гексабромциклододекан (CAS №: 134237-51-7) гамма-гексабромциклододекана (CAS №: 134237-52-8)
Названия основных идентифицированных диастереоизомеров	альфа-гексабромциклододекан (CAS №: 134237-50-6) бета-гексабромциклододекан (CAS №: 134237-51-7) гамма-гексабромциклододекана (CAS №: 134237-52-8)
Торговое наименование:	Cyclododecane, hexabromo; HBCD; Bromkal 73-6CD; Nikkafainon CG 1; Pyroguard F 800; Pyroguard SR 103; Pyroguard SR 103A; Pyrovatex 3887; Great Lakes CD-75P™; Great Lakes CD-75; Great Lakes CD75XF; Great Lakes CD75PC (compact-ed); Dead Sea Bromine Group Ground FR 1206 I-LM; Dead Sea Bromine Group Standard FR 1206 I-LM; Dead Sea Bromine Group Compacted FR 1206 I-CM.
Плотность	2,24 г/см ³ до 2,38 г/см ³
Воспламеняемость	Распадается при $t > 190$ °C

В руководящих документах Стокгольмской конвенции о СОЗ приведен перечень рекомендуемых скрининговых методов анализа различных матриц, содержащих бромированные антипирены, относящиеся к СОЗ. В них отмечено, что метод РФА может использоваться как недорогой и быстрый скрининг-метод для определения содержания брома в материалах.

Выделяют два основных типа рентгеновских спектрометров:

– ВДРФС (WDXRF), который используется для точного количественного анализа и картирования элементов;

– ЭДРФС (EDXRF), который используется как для качественного, так и для количественного анализа (определения валового содержания элементов в пробе вне зависимости от формы нахождения этого элемента в образце).

ЭДРФС (EDXRF) имеют следующие преимущества:

– значительно меньшая стоимость, по сравнению с ВДРФС (WDXRF);

– компактность, удобство, простота использования, возможность изготовления настольных и портативных версий результатов или проб.

К недостаткам метода РФА относятся:

– необходимость непосредственного контакта анализатора с поверхностью материала, ввиду чего данный метод неприменим к автоматизированным системам сортировки;

– требуется особая предварительная обработка проб, имеющих какое-либо покрытие, путем нанесения царапин на покрытие пробы.

Для обнаружения брома может быть использована любая доступная модель спектрометра с диапазоном обнаружения элементов от легких элементов до U. Существенных ограничений для обнаружения брома со стороны спектрометра обнаружено не было. Выбор спектрометра может регулироваться потребностью обнаружения других химических элементов, техническими параметрами и стоимостью.

В связи с разнообразием сырья, изделий, материалов, готовой продукции, в которых используются бромсодержащие антипирены можно выделить общие рекомендации по отбору проб, потенциально содержащих бромированные СОЗ:

– партией считать предназначенную для контроля совокупность единиц продукции одного наименования в однородной таре (упаковке) с одинаковыми физико-химическими характеристиками, (далее – только для сырья и готовой продукции) произведенных на одном заводе-изготовителе, по единому производственному режиму, одной даты изготовления и оформленную одним сопроводительным документом;

– из одной партии отбираются точечные пробы методом конверта с таким расчетом, чтобы каждая точечная проба представляла собой пробу по массе от 20 до 35 г. Количество точечных проб должно составлять не менее 5 на единицу партии. Точечные пробы отбирают ножом или шпателем;

– объединенную пробу составляют путем смешивания точечных проб, отобранных из одной партии. Для анализа объединенную пробу составляют не менее, чем из пяти точечных проб, взятых из одной единицы партии. Масса объединенной пробы должна быть не менее 100 г;

– отобранные пробы помещаются в полиэтиленовые пакеты (с замком zip-lock), в картонные коробки или в стеклянную тару, где и хранятся до проведения РФА;

– требования к перевозке (транспортировке) отобранных проб не предъявляются.

В основе метода рентгено-флуоресцентного анализа лежит явление фотоэффекта, которое заключается в выбивании электронов из внутренних оболочек атомов при их облучении рентгеновскими квантами.

Рентгено-флуоресцентный метод позволяет определять валовые содержания элементов в диапазоне от В до U, безотносительно от формы их нахождения в веществе. Типичный диапазон определяемых содержаний для рентгено-флуоресцентного метода составляет от 0,0001% до 100%.

В ходе анализа в исследуемом веществе регистрируется интенсивность характеристического рентгеновского излучения атомов химических элементов в виде спектра, который состоит из набора аналитических линий различной интенсивности. Диапазон регистрируемых энергий зависит от детектора в используемом приборе, но чаще всего составляет от 1,0 до 35 кэВ.

Однозначное соответствие между энергией характеристического излучения и атомным номером элемента, позволяют определять перечень элементов, составляющих исследуемую пробу, т. е. проводить качественный анализ.

Рекомендуется проводить минимум три измерения одной и той же пробы.

Анализ спектра рекомендуется проводить ручным последовательным поиском элементов. При измерении однотипных проб можно подготовить список типичных элементов присутствующих пробе и проводить автоматический анализ по нему.

Также кроме брома следует определять элементы, находящиеся рядом с обеих сторон пика.

Контроль присутствия элемента осуществляется визуально – форма и количество пиков по линии Br K α 1 с максимальной интенсивностью на уровне энергии 11,9223 Эв (Рисунок 1).

Пики обнаруживаются программным обеспечением автоматически.

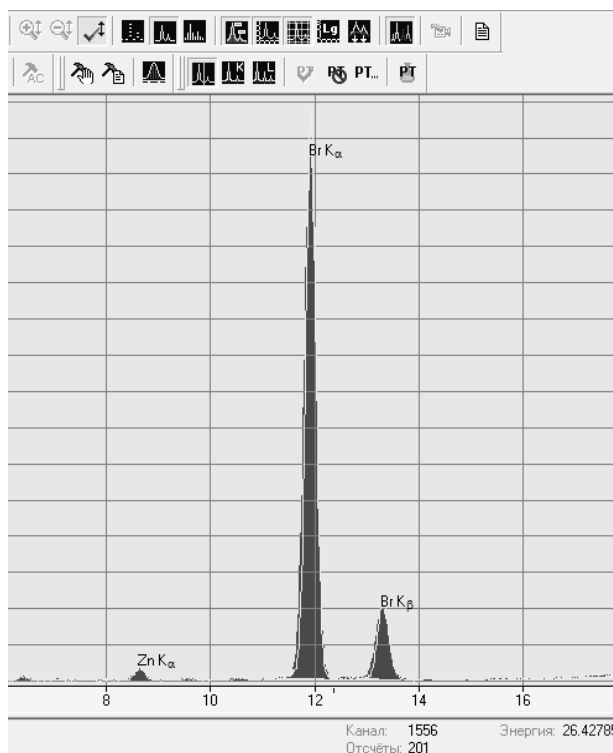


Рисунок 1 – Проба, содержащая бром

В случае отсутствия брома, сигнал на энергии брома соответствует уровню шума. Возможные «ложные» пики идентифицируются по форме пика.

Метод рентгено-флуоресцентного анализа применим для анализа сырья, материалов, изделий готовой продукции и отходов производства и потребления. Причем, для проведения качественного анализа предварительная пробоподготовка образцов (разрушение, измельчение, гомогенизация, перевод в другую фазу и т.д.) не является обязательной.

Данный метод (РФА) позволяет определить элементный состав образца. Однако не дает сведений о его структуре. Метод допускается применять с целью мониторинга и сепарации пластиков, содержащих бром.

Для определения структуры (состава) исследуемых образцов (а также их количественного анализа) необходимо применение других методов. Например, применение методов жидкостной

хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием или газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектором – инструментальный анализ является весьма дорогостоящим (приборная база, расходные материалы, такие как элюент, виалы и септы).

Рентгено-флуоресцентный метод в качестве экспрессного качественного анализа относится к доступным по применению методам в природоохранной деятельности, не требует длительной пробоподготовки и расходных материалов.

Полибромированные дифенилы, относятся к числу химических веществ, нарушающих эндокринную систему организма, с последствиями для репродуктивной функции (что

наблюдалось у подопытных крыс, норки и обезьян). Имеются эпидемиологические данные о гипотиреозе, развившемся у работающих с полибромированными дифенилами и росте заболеваемости раком молочной железы у женщин, подвергшихся их воздействию.

Воздействие на человека оценено в случае масштабного загрязнения полибромированными дифенилами в штате Мичиган. Воздействие на людей происходило в течение года, прежде чем был установлен факт загрязнения пищи ПБД и опасные продукты были изъяты из цепочки питания. ПБД был выявлен у жителей на всей территории Мичигана: в пробах жировой ткани (0,8 мг/кг), в сыворотке крови, материнском молоке (более 1 мкг/л), в пробах волос. Обследования женщин, подвергшихся воздействию ПБД, по методу «случай контроль» показало взаимосвязь между повышением уровней содержания ПБД в сыворотке и увеличением риска заболевания раком молочной железы. Уровни ПБД были выше у мужчин, чем у женщин, а также выше у детей, чем у взрослых. В большинстве случаев концентрации ПБД с течением времени существенно не снижались, исследователи не обнаружили значительных изменений в уровнях ПБД за несколько лет наблюдений. Текущее воздействие ПБД на человека невелико, поскольку ПБД более не производится и не используются. В целом, уровни содержания ПБД в окружающей среде снижались с 1970-х годов. Однако население, проживающее в непосредственной близости от загрязненных областей, возможно, продолжает подвергаться воздействию ПБД по настоящее время. Данные мониторинга ПБД у человека по населению других стран выявили в материнском молоке в Германии набор конгенов ПБД: от пента- до окта-бромдифенилов в концентрациях от 0,002 до 28 мкг/кг жира. В Арктике и Северной Атлантике, где традиционный рацион населения включает мясо хищных животных, воздействие ПБД сохраняется. Так, в жировых тканях обнаружен ГБД на уровне до 17 мкг/кг липидов, что указывает на его наличие в пищевом рационе народов Севера. Гексабромдифенил легко поглощается организмом, причем основной тип воздействия на человека – через пищу, в случае профессиональной экспозиции – через органы дыхания и кожный покров. После абсорбции гексабромдифенил широко распространяется по всему организму и накапливается в нем, причем наиболее высокие концентрации обнаружены в жировых тканях и, в меньшей степени, печени.

Внутриутробное воздействие происходит за счет передачи ПБД плоду через плаценту, а воздействие на грудных детей – также через молоко. Было обнаружено, что содержание гексабромдифенила в материнском молоке человека в 100 раз выше, чем в крови матери. Метаболизм и экскреция гексабромдифенилов незначительны. Средний период полураспада гексабромдифенила в организме человека составляет 8–12 лет. Высказано предположение об избирательной биоаккумуляции конгенов ГБД у человека по сравнению с испытываемыми животными, что характерно для полихлорированных диоксинов и фуранов. При воздействии на человека отмечены изменения в ферментах печени, тошнота, боли в области живота, потеря аппетита, боли в суставах и повышенная утомляемость, а также кожные заболевания, включая угревую сыпь и выпадение волос, в период после загрязнения.

Эпидемиологические исследования состояния здоровья подвергшихся воздействию людей, включая иммунологический статус, заболеваемость раком, последствия для репродуктивной функции и воздействие на детей младшего возраста в целом, не выявили четкой связи между медицинскими последствиями и воздействием ПБД. Однако существуют данные о снижении иммунитета у жителей ферм в штате Мичиган, а также о последствиях для полового развития девочек. Сведения об острой интоксикации гексабромдифенилом организма человека отсутствуют; нет также последовательных эпидемиологических данных о гепатоканцерогенности у подвергшихся воздействию людей.

Список использованных источников

1. Закон Республики Беларусь от 20.07.2007 г. № 271-З «Об обращении с отходами».
2. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях (вступила в силу для Республики Беларусь 17.05.2004 г.) Stockholm Convention [Electronic resource]. – Mode of access: <http://chm.pops.int>. – Date of access: 01.03.2018.

3. ТКП 17.11-09-2014(02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Отходы. «Правила обращения с непригодными пестицидами».

4. Бромированные пламегасители в Российской Федерации: отчет по проекту : Международный проект по ликвидации СОЗ рук. работы : Дмитрий Левашов. – 2006. – Точка доступа:<http://www.ecoaccord.org/pop/iprep/spes2.htm>.

5. Технические руководящие принципы экологически обоснованного регулирования отходов, состоящих из гексабромциклододекана, содержащих его или загрязненных им. 2015 [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.basel.int/Portals/4/download.aspx?d=UNEP-CHW.12-5-Add.7-Rev.1.Russian.pdf>. – Date of access: 01.03.2018.

УДК 628.3

В.Н. Ануфриев, О.И. Родькин, П.Н. Захарко

Белорусский национальный технический Университет, РУП «ЦНИИКИВР»

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ВЫРАЩИВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР

Введение. В настоящее время в Республике Беларусь эксплуатируется более 500 сооружений биологической очистки городских сточных вод различной производительности, а их суммарная мощность в ближайшей перспективе будет только возрастать. Одной из наиболее сложных проблем, связанных с функционированием очистных сооружений, является управление образующимися осадками, которые являются одним из видов крупнотоннажных отходов. Ежегодно в Республике Беларусь образуется более 50 тыс. тонн осадков сточных вод в пересчете на сухое вещество, т.е. без учета влажности. Соответственно масса и объемы образующегося влажного осадка намного выше и в среднем составляют около 0,7 млн. тонн в год. Таким образом, осадки сточных вод являются одним из наиболее распространенных отходов, объем которых продолжает увеличиваться.

Как правило, осадки складываются или непосредственно на очистных сооружениях или на специально выделенных площадках, которые являются источником долгосрочного воздействия на почву и верхние горизонты подземных вод, и сопредельных сред биогенными элементами и тяжёлыми металлами. Таким образом, значительная часть загрязняющих веществ (биогенных элементов, тяжелых металлов, солей и др.), образовавшихся в результате производственной и сельскохозяйственной деятельности, неизбежно попадает в природные экосистемы, обуславливая их интенсивное загрязнение и вызывая серьезные экологические последствия. Многие предприятия водопроводно-канализационного хозяйства в настоящее время имеют проблемы с выделением новых площадей для размещения осадков сточных вод, в случаях, когда емкость имеющихся иловых прудов исчерпана. Основным способом обработки осадка остается максимальное уменьшение его объема и стабилизация составляющих их органических веществ, как правило, аэробным способом, с последующим складированием или захоронением. Согласно действующему в Республике Беларусь Классификатору отходов осадки очистки сточных вод на очистных сооружениях относятся к III и IV классу опасности. В связи с чем, размещение осадка сточных вод на полигонах твердых отходов является весьма затратным мероприятием для предприятий ЖКХ, которые ограничены в возможностях отнесения такого рода затрат на действующие тарифы услуг. В большинстве случаев высокое содержание отдельных загрязняющих веществ в осадках не позволяет применять их в качестве удобрений традиционных сельскохозяйственных культур по санитарно-гигиеническим показателям. Поэтому основные направления их утилизации включают: хранение непосредственно на иловых площадках; вывоз и захоронение вместе с твердыми отходами, использование при изготовлении строительных материалов, сжигание, компостирование; стабилизация известью с получением почвоулучшающих

добавок для использования в зеленом строительстве и др. При этом возможные области конечной утилизации осадков сточных вод, такие как внесение в грунт в виде почвоулучшающей добавки при зеленом строительстве и рекультивации, или в виде топлива после сушки являются либо весьма ограниченными по объемам утилизации, либо чрезмерно затратными. В связи с чем, разработка экономически обоснованных и технически реализуемых методов конечного использования осадка сточных вод является важной актуальной задачей.

Осадки сточных вод, которые являются источниками загрязнения атмосферного воздуха, почвенных и водных систем, вместе с тем они содержат значительное количество органических соединений, которые могут быть использованы растениями. В зарубежных странах осадки сточных вод широко применяется для выращивания энергетических культур, в том числе древесных растений, продукция из биомассы, которых не используется на пищевые цели. Так, в ряде экспериментов изучался потенциал древесных культур (ивы и тополя) для утилизации навозных стоков и осадков сточных вод с полей фильтрации, очистных сооружений и биологических прудов [1, 2].

Исследования подтвердили возможность их выращивания на участках, загрязненных тяжелыми металлами в результате размещения осадков сточных вод. Эксперименты с различными подвиды и гибридами ивы и тополя показали, что деревья могут успешно произрастать на таких землях, в то же время, очищая их от загрязнителей. Способность посадок к фиторемедиации отдельных тяжелых металлов зависит от вида растений. Таким образом, подбирая соответствующие виды древесных растений, можно утилизировать осадок сточных вод и допускать миграцию загрязняющих веществ в водные объекты.

Эксперименты, направленные на изучение возможности внесения высушенных осадков сточных вод под ивовые плантации, проводились в Канаде [3]. Было установлено, что сухие и гранулированные осадки сточных вод с нормой внесения в пересчете до 150 кг действующего вещества азота, можно успешно использовать для стимулирования растений ивы. При этом происходит частичная утилизация загрязняющих веществ (тяжелых металлов) с их аккумуляцией в растениях.

Положительный эффект утилизации обезвоженных и высушенных осадков посредством их внесения под быстрорастущие подвиды ивы наблюдался в экспериментах ряда других исследователей. Интересным является опыт использования ивовых посадок в Дании. Он подтвердил потенциал использования ивовых плантаций в качестве вегетативного фильтра для утилизации не только производственных сточных вод, но и бытовых отходов. Специально сконструированные системы эффективно использовались для обработки хозяйственно-бытовых и поверхностных сточных вод от отдельных хозяйств на участках с жесткими экологическими стандартами, где инфильтрация из почв не допустима. Деревья, высаженные в специальные полиэтиленовые емкости, обеспечивали нулевой сброс и полную утилизацию биогенных элементов [4]. Использование осадков сточных вод образующихся на очистных сооружениях для удобрения быстрорастущих древесных культур рассматривается как одно из наиболее эффективных направлений их утилизации в условиях Швеции, в том числе с экономической точки зрения. Применение осадков сточных вод позволяет увеличить урожайность древесины в 3 раза, что соответственно увеличивает прибыль производителей при реализации щепы. В связи с этим выращивание древесных культур становится реальной альтернативой в сравнении с другими методами утилизации осадков даже при сложившихся ценах на древесную щепу и урожайности таких культур. Потенциал выработки энергии, которую можно получить из биомассы древесных растений в Швеции оценивается в 6000 пикоджоулей в год.

Представленные результаты показывают, что в зарубежных странах наиболее активно для утилизации осадков сточных вод используют древесные растения, что определяется рядом обстоятельств:

- устойчивостью древесных растений к действию загрязнителей содержащихся в осадках сточных вод;
- древесина культур, может быть использована для получения энергии на возобновляемой основе, что обеспечивает снижение выбросов парниковых газов.

Природные условия Республики Беларусь соответствуют экологическим требованиям древесных культур, в частности ивы и тополя, которые широко представлены в естественных ареалах страны. Тем не менее, существует ряд проблем, которые требуют своего разрешения. Одна из них — эторазнообразие состава осадков сточных вод, которые могут содержать ряд тяжелых металлов, хлориды, органические соединения в достаточно высоких концентрациях. Это требует выведения и подбора сортов растений наиболее адаптированных к конкретным условиям выращивания. Вторая проблема, это оценка экономической эффективности использования энергетических культур в целях утилизации осадков сточных вод.

Результаты исследований. Экспериментальные данные, полученные на различных типах почв в Могилевской, Минской, Гродненской и Брестской областях, подтверждают возможность получения высоких урожаев древесины ивы, с учетом климатических особенностей страны и сложившейся системы сельскохозяйственного производства [5].

Таблица 1 – Морфологические параметры растений и прирост древесины ивы за трехлетний период на различных типах почв (сорт Jorr). Показатели $\bar{X} \pm S\bar{X}$

Тип почвы	Показатели		
	Высота растений, см	Количество стеблей, шт./раст.	Прирост древесины т/га
Выработанные торфяники	391,8±31,4	4,3±0,19	45,1±3,52
Деградированные торфяные почвы	550±72,3	4,0±0,61	50,2±5,42
Дерново-подзолистые почвы	574,6±41,1	4,1±0,31	57,5±2,12

Перспективы развития этого направления в Беларуси обусловлены возможностью использования для плантаций быстрорастущих растений низко продуктивных и деградированных земель, а также использования плантаций в природоохранных целях, например для очистки сточных вод или утилизации осадков очистных сооружений.

По итогам сортоиспытания в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород Республики Беларусь с 2013 года включены биоэнергетические сорта ивы белой сербско-белорусской селекции: Дрина, Волмянка и Бачка, которые превосходят по ряду показателей зарубежные сорта. Урожайность ивы вышеназванных сортов составляла 10–15 тонн древесины с гектара сухой древесины.

На основании расчетов установлено, что для обеспечения минимальной прибыли с гектара (28 евро) при индустриальной технологии возделывания ивы с использованием сушки и средней низшей удельной теплоте сгорания древесины ивы 8720 Дж/кг, площадь плантации должна быть не менее 30 гектаров. При этом затраты на возделывание ивы, транспортировку и доработку древесины составляют около 600 евро в расчете на гектар плантации. Расширение площадей плантации в 3–4 раза по сравнению с базовым вариантом (30 гектар) позволит увеличить рентабельность производства на 30–50%. По индустриальной технологии возделывания себестоимость производства древесины для плантации площадью 100 гектаров составляет около 300 евро. Из них амортизационные отчисления составляют более 45%.

Это обусловлено высокой ценой посадочной и уборочной техники западного производства. Стоимость уборочного комбайна составляет около 150000 евро. Производительность комбайна составляет около 0,6 га в час или 5 гектаров за смену. Соответственно сумма амортизационных отчислений будет снижаться пропорционально росту уборочных площадей. В связи с этим целесообразно создавать сырьевые зоны по производству возобновляемой древесины ивы на площади не менее 100 гектаров. При обеспечении оптимальной технологии выход древесины с одного гектара составит около 3,5–4,0 тон условного топлива из расчета на год.

Существенное снижение себестоимости возможно при аренде уборочного комбайна. В настоящее время проводится работа по приобретению и ввозу в страну комбайна пригодного для уборки быстрорастущей ивы в рамках международного проекта.

Технология возделывания с применением ручного труда может использоваться на плантациях небольшой площади. В этом случае посадка растений, уход за ними и уборка

осуществляются вручную с применением специальных инструментов. Такая технология в частности популярна для небольших фермерских плантаций в Польше.

Стоимость посадки одного гектара плантации ивы составит 320 евро из расчета срока эксплуатации плантации 22 года. Основные капиталовложения необходимы в течение первого года при закладке плантации. Они составят 1370 евро. Первая уборка древесины планируется на 4 год существования плантации. Стоимость работ 850 евро. Всего планируется 7 уборочных циклов, с последующим интервалом каждые 3 года.

В соответствии с решениями Киотского протокола, выбросы парниковых газов на этапе использования биомассы энергетических культур, не принимаются в расчет при установлении углеродных квот. Количество CO₂, которое выбрасывается в окружающую среду, утилизируется растениями в процессе фотосинтеза и древесина ивы относится к категории возобновляемой энергии и считается «нейтральным» топливом. Тем не менее, при экологической оценке древесины ивы необходимо учитывать выбросы, связанные с использованием традиционного топлива (дизельного, природного газа, бензина), на этапах ее получения и использования. Дизельное топливо и бензин потребляется в процессе закладки и эксплуатации плантации, транспортировки и измельчения биомассы. Таким образом, количество парниковых газов, которое выбрасывается в окружающую среду при условии замещения ископаемого топлива на древесину, нельзя рассматривать как полностью сэкономленную углеродную квоту. Из этого количества необходимо вычесть выбросы, связанные с использованием ископаемого топлива.

Оценка выбросов загрязнителей в атмосферный воздух для плантаций ивы проводилась из расчета всего срока ее эксплуатации (22 года). Это обусловлено тем обстоятельством, что некоторые виды работ (например, внесение гербицидов, посадка, подготовка и раскорчевка плантации) проводятся однократно, другие (внесение минеральных удобрений, сушка, уборка) с трехлетней периодичностью и объективные данные могут быть получены при учете всех видов работ в соответствии с технологией возделывания ивы за весь срок.

При установленной экспериментально низшей удельной теплоте сгорания древесины ивы 8720 Дж/кг и выходе древесины 17 тонн в пересчете на год, с одного гектара плантации можно получить 5,05 тонн условного топлива, что эквивалентно 4,66 тыс. м³ природного газа.

В течение первых трех лет после посадки ивы выбросы диоксида углерода были обусловлены сжиганием топлива (дизельное топливо, бензин) в результате работы сельскохозяйственной техники при подготовке участка и посадке ивы. Первая уборка с последующим сжиганием древесины ивы предусмотрена на четвертый год с момента посадки плантации. Топливо сжигалось при уборке древесины, транспортировке с поля к месту складирования, высушиванию и других операциях. Древесина ивы использовалась для получения тепловой энергии. Уборочный цикл повторялся каждые три года. К окончанию жизненного цикла плантации объем выбросов CO₂ при сжигании древесины ивы составит около 16 тонн с одного гектара в расчете на год. Объем выбросов связанный с использованием техники составит 0,2 тонны, а положительный баланс CO₂ составит 15,8 тонн.

Заключение. Ежегодные объемы образования осадков сточных вод в Республике Беларусь составляют более 50 тыс. тонн пересчете на сухое вещество, т.е. без учета влажности. Эффективное использование (утилизация) осадков сточных вод позволит решить как экологические, так и экономические задачи.

Возделывание быстрорастущих древесных насаждений и, прежде всего специальных полученных селекционным путем, клонов ивы и тополя является перспективным направлением для утилизации осадков сточных вод. Такой метод позволяет получать древесину, которая может быть использована как источник энергии на четвертый год после посадки плантации. Среднегодовой урожай при трехлетней ротации ивы в соответствии с результатами, достигнутыми в ряде зарубежных стран, может достигать до 10–15 тонн сухого вещества с гектара, что подтверждается и результатами исследований, выполненных в Беларуси. Однократно заложенная плантация может быть использована для получения 4–5 урожаев продукции без значительного снижения продуктивности.

Для внесения осадков сточных вод наиболее оптимальным является использование метода орошения. Это потребует оборудования оросительной системы из полипропиленовых

труб, покупку насосов, проведение монтажных работ. Стоимость оборудования одного гектара плантации ивы для орошения сточными водами таким методом составит 3000–3500 евро, в зависимости от конкретных условий. Из расчета 22 лет существования плантации стоимость составит 136–159 евро на гектар.

Список использованных источников

1. Economics of using municipal wastewater irrigation of willow coppice crops / H. Rosenqvist [et al.] // Biomass and Bioenergy. – Vol. 12, No. 1. – 1997. – P. 1–8.

2. Vandenhove, H. Evaluation of short rotation coppice as remediation option for contaminated farmland. /In: Linkov I, Schell WR, editors. Contaminated forests. The Netherlands: // Kluwer Academic Publishers, 1999. – P. 377–384.

3. Labrecque, M. Influence of plantation site and wastewater sludge fertilization on the performance and foliar nutrient status of two willow species grown under SRIC in southern Quebec (Canada) / M. Labrecque, T. I. Teodorescu // Forest Ecology & Management. – 2001. – Vol. 150(3). – P. 223–239.

4. Elowson, S. Willow as a vegetation filter for cleaning of polluted drainage water from agricultural land / S. Elowson // Biomass & Bioenergy. – 1999. – Vol. 16(4). – P. 281–290.

5. Родькин, О. И. Производство возобновляемого биотоплива в аграрных ландшафтах: экологические и технологические аспекты: монография / О. И. Родькин. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2011. – 212 с.

УДК 502.5

Д.Д. Гриншпан, проф., д-р хим. наук
НИИ ФХП БГУ, г. Минск

О БУДУЩЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЕ

1. Природные ресурсы и охрана окружающей среды. В словосочетании «природные ресурсы и охрана окружающей среды» есть скрытое противоречие: природные ресурсы — это народное достояние и ими надо пользоваться на благо общества, т.е. их надо извлекать и перерабатывать: это вода, леса, полезные ископаемые (калийные удобрения, поваренная соль, нефть, торф, и т.д.).

А взамен общество получает не только новые продукты, а и то, от чего надо охранять эти ресурсы — отходы, загрязняющие окружающую среду. Продукты переработки только частично идут на жизнеобеспечение народонаселения республики, а главным образом, отправляются на экспорт: удобрения, продукты нефтепереработки, молочные продукты, мясные изделия, промышленная продукция и т.п. В то время как все отходы этих производств остаются внутри республики.

Например, Светлогорский ЦКК 90 % готовой продукции (беленой целлюлозы) будет отправлять на экспорт, а 100 % сточных вод, осадков и дурнопахнущих газов останутся в республике. Т.е. это производство с точки зрения экологии и устойчивого развития страны принесёт не пользу, а вред, особенно, если исходить из долговременной перспективы.

2. Раздельный сбор отходов. Все отходы надо разделить на две группы:

1) отходы, за вывоз и утилизацию которых надо платить государству;

2) отходы, за сдачу которых должны платить населению.

Первый вид отходов может быть разделен на четыре подвида (сбора): 1) отходы для рециклинга; 2) пищевые отходы и материалы, которые контактировали с пищей; 3) крупногабаритные вещи, например, шины, строительные отходы, мебель, бывшая в употреблении, и т.д.; 4) токсичные (опасные) отходы: люминесцентные лампы, ртутные градусники, отработанные масла, кинескопы, радиоактивные соли и т.п.

За опасные отходы, если они попадут в рециклинг или в пищевые отходы, надо не только платить, но и штрафовать тех, кто это допустил.

За второй вид отходов: отработанные батарейки, аккумуляторы, алюминиевые банки, стеклянные бутылки и банки, макулатура — надо платить населению. Причем надо платить так, чтобы было добровольное желание нести их в приемные пункты. Т.е. залоговая цена должна быть существенной с точки зрения целесообразности ее возврата.

3. Как осуществлять раздельный сбор?

1. В каждом дворе должно быть не пять контейнеров, а только два, и за ними должны приезжать два мусоровоза, а не один.

2. В любом большом супермаркете должны быть приемные пункты для отходов № 2, принимающие за деньги или их эквивалент в виде аналогичной продукции. Тогда население будет осуществлять раздельный сбор отходов.

3. Что касается сбора отработанных нефтепродуктов (масел), то тот, кто готов забирать их на переработку и повторное использование, должен быть обязан забирать и замасленную ветошь, и отработанные масляные фильтры и т.п. с целью их дальнейшей утилизации по разработанной и разрешенной Минприроды технологии. Таким переработчикам все это должно передаваться бесплатно. Свой доход они получают за счет переработки или сжигания жидких компонентов, снижения экологического налога и других преференций.

4. Другие конкретные мероприятия по защите окружающей среды. Чтобы защитить окружающую среду от неконтролируемого сброса сточных вод, надо мотивировать предприятия к установке локальных очистных сооружений. Для этого нужно предоставить им материальный стимул. Например, штрафы за недостаточно очищенные стоки, но прошедшие через локальные очистные сооружения, должны быть, как минимум, в два раза меньше, чем сегодня штрафные санкции водоканалов.

Надо пересмотреть принципы установления и величины ПДК для сброса в водоемы: во многих случаях они настолько неоправданно низки, что становятся практически недостижимыми, и поэтому сточные воды вообще не чистят. Степень очистки должна определяться возможностями современных технологий, которые не разоряют предприятия.

5. К «зеленой» экономике через «зеленую» химию к более чистому производству и снижению негативного воздействия на окружающую среду. Деньги от международных донорских организаций, идущие в виде грантов по «зеленой» экономике, должны быть отданы только тем предприятиям, которые будут переходить на экономику замкнутого цикла. Это предполагает уменьшение количества отходов либо путем их рециклинга, либо использованием в качестве сырья в другом производстве, либо оптимизацией технологических стадий существующего производства, приводящей к минимизации объема отходов, направляемых на сжигание и захоронение; либо переход на новую мало- или безотходную технологию.

6. Общациональная экологическая программа. Должна быть разработана и в течение пяти лет реализована Республиканская экологическая программа, в результате выполнения которой будут созданы основы устойчивого развития страны, сохранены экосистема, здоровье и благополучие нации.

УДК 316.4.063.6

В.Н. Леонтьев, зав. кафедры биотехнологий,
Е.В. Феськова, ст.науч.сотр, к-т. техн. наук,
Я. Л. Страх, А. М. Шимкевич, ст.преп., к-т. биол. наук
БГТУ, г. Минск

ПОИСК ЭФФЕКТИВНЫХ БАКТЕРИЙ-ДЕСТРУКТОРОВ ГЕРБИЦИДОВ

В настоящее время для снижения степени засорения посевов сельскохозяйственных культур сорной растительностью, приводящей к уменьшению урожайности и, как следствие, к значительному экономическому ущербу, используются довольно большие объёмы различных

гербицидов. Они, в свою очередь, являются серьезными источниками загрязнения окружающей среды. Это представляет также потенциальную опасность и для здоровья населения.

Гербициды – средства химической защиты, препятствующие развитию сорных растений. Наибольшую практическую значимость среди них имеют галогенсодержащие органические соединения, а также средства защиты растений на основе сульфонилмочевины. Остаточные количества данных веществ, являющихся ксенобиотиками, продолжительное время сохраняются в окружающей среде и оказывают непосредственное негативное воздействие на биологические объекты в короткие промежутки времени, а также в долгосрочной перспективе [1].

Так, например, исследования, проведенные *in vitro*, показали, что хлорфенольные соединения разрывают цепь переноса электронов на уровне окислительного фосфорилирования, нарушают процесс митохондриальной детоксикации, а также воздействуют на синтез белков и нуклеиновых кислот. Во всех случаях отравлений обнаруживаются нарушения порфиринового обмена [2–4].

Наиболее серьезным фактором воздействия данных веществ на здоровье людей является их влияние на иммунную систему. Даже при ничтожных концентрациях они вызывают подавление иммунной системы и нарушают способность организма к адаптации в изменяющихся условиях внешней среды, приводя к резкому подавлению умственной и физической работоспособности [3,4].

В связи с этим важное значение имеет разработка эффективных подходов утилизации остатков ядохимикатов. Весьма перспективным методом является ремедиация почв по типу направленной биодegradации, то есть, использование бактерий-деструкторов с целью разрушения химической структуры загрязняющих веществ.

Целью данной работы является изучение динамики деградации таких гербицидов, как 2,4-Д(2-этилгексильный эфир) и метсульфурон-метил культурами выделенных из почвы бактерий.

Материалы и методы. В качестве объекта для работы были использованы штаммы почвенных микроорганизмов-деструкторов пестицидов из коллекции кафедры биотехнологии БГТУ. Микроорганизмы выращивали на плотной синтетической питательной среде ММ9 [5], содержащей 2,4-Д(2-этилгексильный эфир) в концентрации 200 мг/л, ММ9 с метсульфурон-метилом в концентрации 200 мг/л и на среде ММ9 с одновременным присутствием 2,4-Д(2-этилгексильный эфир) и метсульфурон-метилом в вышеуказанных концентрациях. Посевы инкубировали в течение 3-х суток при температуре 20°C. Отбирали штаммы микроорганизмов, проявившие наиболее активный рост во всех трех случаях.

Дальнейшую селекцию микроорганизмов проводили в жидкой синтетической питательной среде ММ9 с 2,4-Д(2-этилгексильный эфир) (200 мг/л) и метсульфурон-метилом (200 мг/л) с инкубированием в течение 5 суток с аэрацией (20°C, 100 мин⁻¹). На основании результатов измерения оптической плотности клеточной суспензии ($\lambda=560$ нм, спектрофотометр Analytik Jena ScanDrop²) был отобран один штамм, характеризующийся наибольшим ростом при указанных условиях.

Изучение динамики деградации гербицидов проводили в жидкой культуре на среде ММ9, содержащей ядохимикаты в пяти вариантах: 2,4-Д(2-этилгексильный эфир) 200 мг/л, 2,4-Д(2-этилгексильный эфир) 400 мг/л, метсульфурон-метил 200 мг/л, метсульфурон-метил 400 мг/л, 2,4-Д(2-этилгексильный эфир) 200 мг/л и метсульфурон-метил 200 мг/л. Культивирование проводили в течение 21 дня.

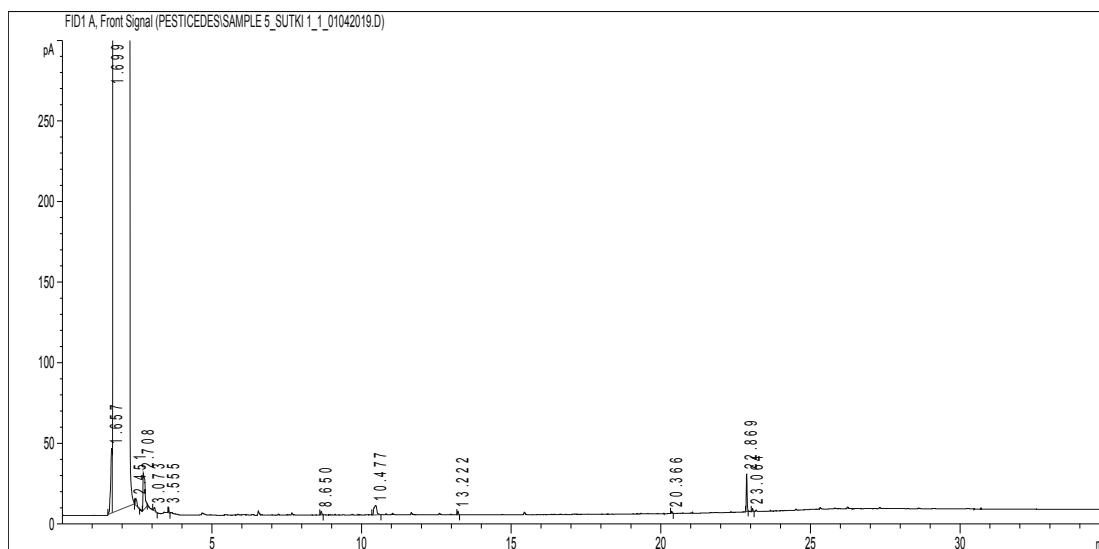
Отбирали пробы культуральной жидкости объемом 3 мл, биомассу отделяли центрифугированием (6000 об/мин., 15 мин.). Экстракцию гербицидов из супернатанта осуществляли равным объемом диэтилового эфира, верхнюю фракцию отделяли и высушивали безводным Na₂SO₄. Экстракт упаривали досуха, сухой остаток растворяли в 1 мл подвижной фазы и анализировали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ-МС) для метсульфурон-метила и газовой хроматографии (ГХ) для 2,4-Д (2-этилгексильный эфир).

В качестве подвижной фазы использовали 50%-ный раствор ацетонитрила в 0,1%-ной муравьиной кислоте при скорости элюирования 0,7 мл/мин. Объем вводимой пробы – 20 мкл. Тип ионизации – электроспрей ионизации (ESI). Параметры ионизации: напряжение на капилляре – 3 кВ, напряжение на экстракторе – 1 В, напряжение на конусе – 40 В, температура источника – 130°C, температура испарения – 350°C, расход инертного газа (азота) на испарителе – 400 л/час, расход газа на конусе – 150 л/час.

Анализ ВЭЖХ-МС проводили на хромато-масс-спектрометре «Waters» с диодно-матричным спектрофотометрическим детектором PDA 996 и масс-детектором «Micromass ZQ 2000» (Waters, США), использовали колонку “HYPERASIL C18” длиной 250 мм, диаметром 4,6 мм и с размером частиц 5 мкм.

Запись масс-спектров производили в режиме регистрации положительных (ESI+) и отрицательных ионов (ESI-).

Анализ ГХ проводили на газовом хроматографе AGILENT. Использовали колонку HP-5, детектор пламенно-ионизационный.



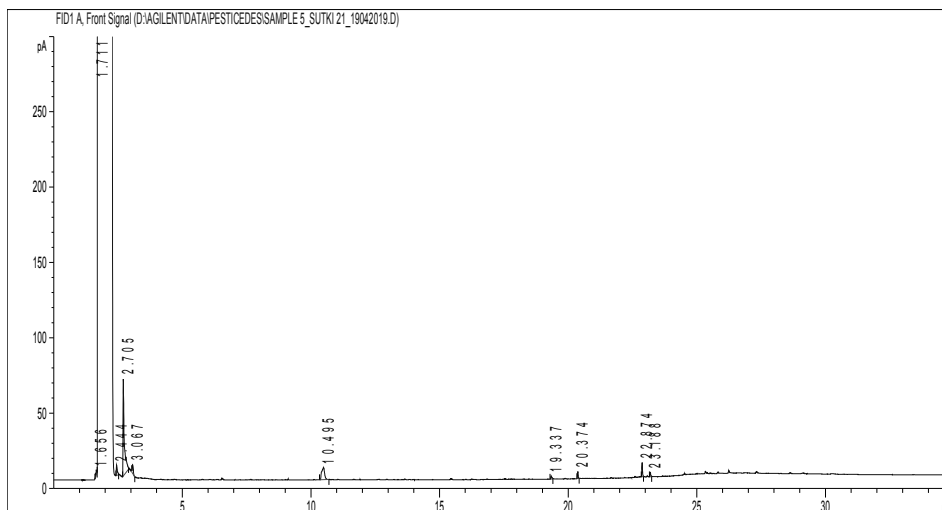
Примечание: время выхода 2,4-Д (2-этилгексильный эфир) – 22,869 мин

Рисунок 1 – Хроматограмма (ГХ) отражающая содержание 2,4-Д (2-этилгексильный эфир) в культуральной жидкости через 1 сутки культивирования при одновременном присутствии двух гербицидов

Температура инжектора – 250°C, поток газа-носителя через колонку – 2,12 см³/мин; объем вводимой пробы – 0,6 мкл, начальная температура термостата колонки – 50°C; время выдерживания при начальной температуре – 1 мин; конечная температура термостата колонки – 260°C, температурный градиент термостата – 10°C/мин, время выдерживания при конечной температуре – 10 мин; температура детектора 300°C.

Результаты. Анализ проб культуральной жидкости, показал, что общая тенденция в изменении содержания использованных гербицидов имеет сходный характер. Так, при культивировании отобранного штамма бактерий на среде содержащей 2,4-Д (2-этилгексильный эфир) в концентрациях 200 мг/л и 400 мг/л, а также на среде с одновременным присутствием обоих гербицидов отмечено, что содержание 2,4-Д начинает заметно снижаться уже после первых суток. Затем, после пяти суток культивирования, данный показатель начинает увеличиваться, и эта тенденция может сохраняться вплоть до 15-х суток.

При этом, однако, содержание гербицида в культуральной жидкости не превышает данный показатель, зафиксированный после первых суток. В дальнейшем содержание 2,4-Д вновь снижается. Отмеченные колебания содержания гербицида в культуральной жидкости, возможно, можно связать с тем, что клетки микроорганизмов на первых этапах культивирования усиленно поглощают гербицид, однако при этом не осуществляют дегградацию всей поглощённой массы, остатки которой затем высвобождаются.



Примечание: время выхода 2,4-Д (2-этилгексильный эфир) – 22,874 мин

Рисунок 2 – Хроматограмма (ГХ) отражающая содержание 2,4-Д (2-этилгексильный эфир) в культуральной жидкости через 21 сутки культивирования при одновременном присутствии двух гербицидов

Тем не менее, сравнение содержания гербицида 2,4-Д в среде в начале культивирования и в конце (21-е сутки) показывает, что его количество заметно снижается: на 96–91% при исходной концентрации 200 мг/л и 400 мг/л, соответственно, а также на 62% при совместном внесении двух гербицидов (рисунок 1,2). Таким образом, выделенный штамм представляет определённый интерес для дальнейших исследований, предполагающих, в том числе, изучение активности ферментов дегалогеназ.

Список использованных источников

1. Гербициды и окружающая среда / Ю.Я. Спиридонова [и др.] // Агрехимия. – 2000. – №1. – С. 37-41.
2. Identification of hydroxylated PCB metabolites and other phenolic halogenated in human blood plasma / L. Hovander [et. al] – Arch. Environ. Contam. Toxicol, 2002. – Vol, 42, 105–117.
3. Tomer H. Toxicological profile for chlorophenols / H. Tomer – Health service agency for toxic substances and disense registry, Atlanta Georgia: ATSDR, 1999. – 260 p.
4. Effects of environmental pollutants on the porcine and bovine immune systems/ J. Raszik [et al] – Vet. Med, 1997. – Vol. 42, № 11, 313-317 p.
5. Миллер, Дж. Эксперименты в молекулярной генетике / Дж. Миллер. – Москва: Мир, 1976. – 436 с.

УДК 621.357

А.В. Лихачева, доц., канд. техн. наук
БГТУ, г. Минск

НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ РЕСУРСОВ

Железосодержащие материалы, такие как сталь, чугун, пигменты, коагулянты и др. прочно вошли в нашу жизнь, однако при их производстве человек сталкивается с проблемой недостатка сырьевой базы. В Республике Беларусь разведано два железорудных месторождения: Околовское месторождение железистых кварцитов и Новоселковское месторождение ильменит-магнетитовых руд. Однако, месторождения до настоящего времени не подготовлены к промышленному освоению. Степень изученности месторождений пока не позволяет

проектировать их освоение и требует проведения дополнительных геологоразведочных работ и разработки новых технологических способов добычи и комплексной переработки сырья.

В Республике Беларусь ОАО «Вторчермет» осуществляет сбор и переработку лома черных металлов, но количество собственных вторичных ресурсов не позволяет обеспечить потребности металлургических производств, это обуславливает необходимость использования привозного сырья. В сложившейся ситуации для республики актуальным является поиск альтернативных источников металлосодержащей сырьевой базы. В качестве которой могут рассматриваться отходы производства.

В зависимости от количества образующихся отходов и их состава будут определяться возможные направления их использования и ассортимент продуктов, которые могут быть из них получены.

Анализ железосодержащих отходов, образующихся в Республике Беларусь, показал, что существуют отходы с высоким содержанием железа, которые не находят своего применения. К таким отходам относятся отработанные растворы травления металлоизделий.

Анализ образования отработанных травильных растворов в Республике Беларусь показал, что на территориях предприятий их накопилось более 80 тысяч тонн. Ежегодно дополнительно образуется около 23 тысяч тонн отходов. Из них 68% обезвреживается на локальных очистных сооружениях и 32% используется либо с целью регенерации с получением исходного сырья, либо перерабатывается с получением побочных продуктов. Так, например, на Белорусском металлургическом заводе часть отработанных травильных растворов регенерируется, а часть перерабатывается с получением железного купороса. На данный момент он не находит практического применения. На Речицком метизном заводе отработанные травильные растворы перерабатывают с получением железного купороса, который реализуется заинтересованным лицам.

Наиболее распространенный способ обращения с отработанными травильными растворами это их разбавление промывными сточными водами с последующей очисткой на локальных очистных сооружениях. Но, залповые сбросы отработанных травильных растворов приводят к безвозвратным потерям металлов, химических реагентов, а также нарушают нормальную работу очистных сооружений.

Поэтому обезвреживание (нейтрализация) отработанных травильных растворов при их сбросе на локальные установки может применяться лишь как временное или вынужденное решение при отсутствии других технических возможностей, и его не следует рассматривать как техническое решение, соответствующее современному уровню развития гальванотехники.

Состав отработанных травильных растворов зависит от исходных компонентов, входящих в состав травильных растворов, от способа травления, его продолжительности, периодичности замены раствора и др. В состав этих отходов входят соединения железа (в основном хлориды или сульфаты), которые могут использоваться в качестве сырьевого ресурса.

Состав отработанных растворов травления черных металлов и концентрация компонентов могут быть следующими: H_2SO_4 – 30–40 г/л, $FeSO_4$ – 80–200 г/л; HCl – 15–60 г/л, $FeCl_2$ – 70–360 г/л.

В результате проведенных исследований из отработанных травильных растворов были получены пигменты, материалы для очистки сточных вод и мелиоранты.

Для определения качества полученных пигментов желтого, оранжевого, черного, красного и коричневого цветов определяли следующие характеристики: цвет по шкале цветности, укрывистость, pH водной суспензии, маслосмекость, массовую долю веществ, растворимых в воде.

В таблице 1 представлена сравнительная характеристика качества пигментов производимых в промышленности и полученных из отходов в ходе эксперимента.

На основе полученных данных при сравнении характеристик качества пигментов, которые выпускаются в промышленности и пигментов, которые были получены из отработанных

травильных растворов, можно сделать вывод, что качество полученных железоксидных пигментов практически полностью соответствуют техническим требованиям, исключение составляет укрывистость полученного красного пигмента.

Полученные пигменты можно использовать в производстве цветных строительных материалов и изделий (искусственного камня, тротуарной плитки, черепицы), керамической глазури, для окрашивания пластмасс в массе, для приготовления красок, грунтовок, эмалей, предназначенных для отделки поверхностей внутри и снаружи помещений.

Из отработанных травильных растворов также были получены материалы для очистки воды: коагулянт и сорбент. Полученный в ходе исследований коагулянт содержит хлорид железа (III). Эффективность использования полученного коагулянта была определена на сточных водах предприятия по производству керамической плитки.

На основании результатов исследований можно сделать вывод, что эффективность очистки сточной воды коагулянтом, полученным из отработанного травильного раствора, достигает 97%. Наилучшими условиями очистки являются: использование коагулянта, выдержанного 24 часа после его получения и рН которого доведено до 2; оптимальная доза коагулянта составляет 226 мг железа (III)/л. Концентрация железа в полученном коагулянте составляет 9,7 г/л.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика качества пигментов

Наименование показателя	Цвет пигмента									
	Желтый		оранжевый		черный		красный		коричневый	
	Величина показателя									
	полу- ченная	норма- тивная	полу- ченная	норма- тивная	полу- ченная	норма- тивная	полу- ченная	норма- тивная	полу- ченная	норма- тивная
Укрывистость, г/м ²	23,6	20	22,9	20	25,5	30	12,9	7	21,4	20
рН водной суспензии	6,9	4,0-7,0	6,8	4,0-7,0	7,8	4,0-8,0	6,5	5,5-7,0	6,2	4,0-7,0
Маслоемкость, г/100 г пигмента	58,6	35-60	39	25-35	27,5	20-25	34,2	20-45	37,2	17-35
Массовая доля веществ, растворимых в воде, %	0,8	0,8	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	1	0,7	0,8

Полученный коагулянт может найти применение на станциях водоподготовки, а также на станциях очистки производственных, хозяйственно-фекальных и поверхностных сточных вод.

Сорбент для очистки сточных вод был получен на основе отработанных растворов травления металлоизделий, травления печатных плат и химического никелирования. Полученный сорбент содержал 70% гидроксида железа, 20% гидроксида меди, 10% гидроксида никеля.

Исследование свойств полученного сорбента было проведено на промывных сточных водах, образующихся на предприятиях, имеющих в своих производственных циклах гальваническое производство. Наибольшая эффективность очистки сточных вод сорбентом, полученным из отработанного технологических растворов гальванического производства, составляла 93% и достигалась при постоянном перемешивании в течение 2 часов при содержании меди в сточной воде 0,5 г/л. Также была рассчитана статическая обменная емкость, которая составила 0,4 ммоль·экв/г, что позволяет сделать вывод что сорбент полученный из отходов гальванического производства уступает по своим свойствам активированному углю, однако лучше некоторых других видов сорбентов, например, сорбента полученного из негидролизующего остатка торфа.

Исходя из результатов исследований, можно сделать вывод, что полученные материалы для очистки сточных вод не уступают по своим свойствам товарным продуктам, а также преимуществом их получения является то, что они получены на основе отходов производства.

Получение мелиорантов осуществляли обработкой торфа, отхода, образующегося при гидролизе торфа, и их смеси отработанным раствором травления черных металлов.

Полученные мелиоранты использовали для приготовления грунтов, на которых производили посадку пророщенных семян пшеницы и кукурузы. Эффективность использования мелиорантов оценивали по следующим показателям: всхожимость семян, рост биомассы, состояние корневой системы и листовой части, содержание железа в растениях и в почве, pH почвы.

Исходя из результатов исследований можно сделать вывод, что полученные мелиоранты укрепляют и развивают корневую систему, что позволяет рекомендовать их использовать на почвах подверженных эрозии и другим фактором деградации. В зависимости от целей и назначения использования мелиоранта на практике необходимо выбирать мелиорант либо на основе торфа, либо на основе отхода образующегося при гидролизе торфа. Важно также отметить, что для получения мелиорантов пригодны только отработанные травильные растворы, содержащие уротропин.

Применение рассматриваемых направлений на практике позволит увеличить коэффициент использования соединений тяжелых металлов в гальваническом производстве, а также решить проблему с отработанными технологическими растворами и промывными сточными водами.

Получение товарных продуктов из железосодержащих отходов позволяет увеличить коэффициент полезного использования железосодержащих материалов. Исходя из результатов исследований можно сделать вывод, что полученные из отработанных травильных растворов материалы для очистки сточных вод не уступают по эффективности очистки аналогичным товарным материалам, и могут полноценно их заменить.

UDK 636.085

A.A. Kastsianevich*, R.M. Birukou, M.A. Kapustin, K.A. Hubchik

Institute of Microbiology, Belarus National Academy of Sciences, Minsk, Belarus

PROTEINACEOUS WASTE RESULTING FROM ISOLATION OF RECOMBINANT HUMAN LACTOFERRIN FROM GOAT MILK AS A SOURCE OF BIOACTIVE CASEIN HYDROLYSATES

Laboratory of protein research with experimental pilot plant was set up at Institute of Microbiology, NAS of Belarus. One of its principal activities is isolation and purification of recombinant human lactoferrin from milk of transgenic goats. A considerable amount of waste caseins derived in the process could be utilized for production of bioactive peptides. The most economically attractive method of producing peptides is enzymatic hydrolysis of casein. The output of functional foodstuffs containing peptides has been arranged in the world. These products reduce arterial pressure, cause relaxing effect, display antimicrobial and antioxidant action. Antioxidant peptides prevent generation of free radicals or neutralize them and active oxygen form inducing oxidative damage of molecular constituents of the living organisms and provoking thereby premature ageing, cancer, cardiovascular diseases, strokes and atherosclerosis. For instance, peptide YFYPEL released as a result of casein proteolysis possesses enhanced activity of superoxide-anion radical associated predominantly with C-terminal amino acid sequence EL. It was found that fragment of β -casein sequence f (169-176) prevalently inhibited oxidation of linoleic acid.

To facilitate peptide recovery from caseins it was essential to optimize conditions of their enzymatic hydrolysis by trypsin. The solutions of caseins (10 mg/ml) and trypsin in concentration range 0.01-2 % were prepared for the reaction. Temperature and pH values optimal for hydrolysis were determined and after supply of protease the reaction mixture was incubated. Upon termination of hydrolysis the enzyme was inactivated and the samples were stored at $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ for subsequent analysis.

It was revealed that complete hydrolysis of caseins occurred under the following conditions: enzyme concentration 0.05%, duration of the reaction 1 h at temperature $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ and pH 8,0. The produced specimens will be assayed for antimicrobial and antioxidant activities.

А.А. Макеенко¹, асп.;
Г.В. Наумова¹, проф., д-р техн. наук;
Н.А. Герман², ассист., канд. техн. наук;
С.И. Шпак², доц., канд. техн. наук
¹лаборатория экотехнологий,
Институт природопользования НАН Беларуси;
²кафедра химической переработки древесины, БГТУ

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ДЕСТРУКЦИИ ТОРФА, КАК ДОБАВОК К ФОРМОВАННОМУ ДРЕВЕСНОМУ ТОПЛИВУ

Энергетическая безопасность нашей страны неразрывно связана с ее обеспеченностью энергоресурсами, уровень потребления которых постоянно возрастает. Однако, как известно, значительную часть энергоресурсов Беларусь вынуждена закупать за рубежом, что требует существенных финансовых затрат [1]. В связи с чем на сегодняшний день неотложной задачей является усовершенствование и разработка технологий, позволяющих наиболее широко и эффективно использовать топливо, добываемое на территории Республики (торф, бурые угли), а также отходы лесопиления и деревообработки. Уже на протяжении нескольких десятилетий древесные отходы применяются в производстве формованного топлива в виде гранул и брикетов. Однако существует проблема, связанная с прочностью формованного топлива – в процессе транспортировки, из-за возникающих вибраций, оно может частично разрушаться. Для улучшения качественных характеристик древесного топлива требуется внесение в его композицию упрочняющих добавок.

В ходе поисковых исследований, проведенных совместно с кафедрой химической переработки древесины БГТУ, установлена возможность использования в качестве упрочняющих добавок к формованному топливу целлюлозосодержащих побочных продуктов (остатков), образующихся при получении гуминовых препаратов на основе торфа. Такие препараты в последние годы находят широкое применение в сельском лесном хозяйстве как регуляторы роста растений и биологически активные добавки к минеральным и органоминеральным удобрениям. Также на их основе разработаны и внедряются в практику животноводства гуматсодержащие кормовые добавки, консерванты кормов, ветеринарные и бальнеологические препараты [2].

Учитывая спрос на гуматсодержащие продукты, их производство в Беларуси постоянно расширяется, что в свою очередь приводит к возникновению экологических проблем, связанных с использованием и утилизацией побочных продуктов (твердых остатков), образующихся при их получении. К сожалению, состав и свойства таких остатков практически не изучены, что в значительной мере сдерживает эффективное использование в качестве вторичного сырья и приводит к существенным потерям широкой гаммы различных органических веществ медленно возобновляемого природного торфа [3].

Необходимо отметить, что, в зависимости от направления использования гуминовых препаратов, технологии их производства существенно отличаются, так как применяются различные виды торфяного сырья, реагенты, температурные режимы и катализаторы. Соответственно существуют различия в компонентном составе и физико-химических свойствах, образующихся побочных продуктов (остатков).

В Институте природопользования НАН Беларуси были проведены экспериментальные работы, направленные на исследование физико-химических свойств и компонентного состава твердых остатков, образующихся на промышленных установках по выпуску гуминовых препаратов «Гидрогумат», «Оксигумат», «Оксидат торфа» и «Гумовет». Физико-химическая характеристика побочных продуктов производства данных гуминовых препаратов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические свойства побочных продуктов производства гуминовых препаратов

Показатели	Твердые остатки от производства препаратов			
	«Гидрогумат»	«Оксигумат»	«Оксидат торфа»	«Гумовет»
Влажность, %	78,3	80,7	85,1	78,0
Зольность, %	5,5	4,2	5,1	1,0
pH водной вытяжки	8,9	8,8	8,8	9,0
Плотность, г/см ³	1,12	1,11	1,08	1,16

Как видно из данных таблицы 1, исследуемые образцы являются сильно увлажненными продуктами, относительная влажность которых колеблется в пределах 78–85%. Максимальная зольность составляет 5,5% у остатка «Гидрогумата» – это обусловлено использованием в его производстве серной кислоты и NaOH, образующих минеральные соли. Минеральная часть остатка от производства «Гумовета» представлена лишь 1%, что объясняется низким содержанием золы в исходном сфагновом торфе и использованием водного аммиака как реагента при его производстве. Значения pH водных вытяжек всех исследуемых образцов находится в пределах 8,8–9,0, что обусловлено использованием щелочных реагентов при производстве гуминовых препаратов. Показатели плотности для всех остатков лежат практически в одном диапазоне (от 1,08 до 1,16 г/см³), что в первую очередь связано с их влажностью.

Дальнейшая работа была направлена на изучение группового состава твердых остатков, включающее определение содержания в нем битумов, легкогидролизуемых, гуминовых и трудногидролизуемых веществ, а также «лигнина», в соответствии с методиками, принятыми при исследовании группового состава торфа.

Проведенные исследования по изучению группового состава твердых остатков показали, что их органическая масса представлена преимущественно «лигнином» и гуминовыми веществами. Содержание «лигнина» в остатках от «Гидрогумата», «Оксигумата» и «Оксидата торфа» находится в пределах 31–37%, а в остатке от «Гумовета» – 25%. Меньшее содержание «лигнина» в остатке от «Гумовета» связано с природой исходного сфагнового торфа. Гуминовые вещества во всех остатках содержатся в количестве 30–33% на органическую массу, за исключением остатка от «Гумовета» – около 20%. Высокое содержание объясняется тем, что в производстве гуминовых препаратов при разделении жидкой и твердой фазы часть гуминовых веществ переходит в остаток и не промывается.

Установлено, что во всех твердых остатках, как и в самом исходном торфе, содержится 3–4% битумов, что свидетельствует об их устойчивости при воздействии используемых реагентов.

Наибольшее отличие среди остатков отмечено в содержании легкогидролизуемых веществ: они практически отсутствуют в остатке от «Гидрогумата» (0,2%), в побочных продуктах от «Оксигумата» и «Оксидата торфа» – 9,5 и 12,6% соответственно, в остатке от «Гумовета» их больше всего – 18,7%. Такие значения обусловлены различием в технологиях и применяемых реагентах при производстве данных гуминовых препаратов.

Важно подчеркнуть, что такие компоненты, как битумы, гуминовые вещества и «лигнин», согласно литературным данным, обладают связующими свойствами и могут оказывать положительное воздействие на прочностные показатели различных композиционных материалов[4].

В связи с вышеуказанными факторами, представлялось целесообразным изучить эффективность использования твердых остатков, образующихся при производстве различных гуминовых препаратов, в качестве упрочняющих добавок для формованного топлива. В лабораторных условиях кафедры химической переработки древесины БГТУ были изготовлены образцы древесных пеллет с применением данных остатков. Композиция пеллет включала в себя хвойную стружку влажностью 7% и твердые остатки в количестве 1%

от массы абсолютно сухой древесины. Опытным способом было выявлено, что наиболее подходящими для испытаний являются образцы остатков от производства препаратов «Гидрогумат»(ГГ) и «Оксидат торфа»(ОТ), так как эти образцы не содержали крупных включений и легко разбавлялись до необходимых концентраций, чтобы в последующем можно были распределить добавку по всему объему древесной стружки. Концентрация добавок ГГ и ОТ равна 15,7% и 16,3% соответственно.

Изготовление образцов пеллет проводили на лабораторном автоматизированном гидравлическом прессе LabEcon 300 (Голландия). Значения технологических параметров при получении образцов пеллет следующие: давление – 12 МПа, температура – 150°С, продолжительность прессования – 10 мин.

После получения образцов пеллет были проведены физико-механические испытания на плотность, прочность при изгибе, прочность на сжатие и стойкость к истиранию [5]. Определение механической прочности пеллет при изгибе и сжатии проводили с использованием разрывной машины М 350-5 (Testometric). Стойкость к истиранию (массовая доля неразрушившихся пеллет) определялась с помощью просеивающей машины НАVEREML 200 digitalplus. Полученные результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-механические показатели пеллет

Показатель	Пеллеты без добавки	ГГ	ОТ
Плотность, г/см ³	875,56	873,63	868,54
Предел прочности при изгибе, МПа	2,91	3,32	2,95
Предел прочности на сжатие, МПа	1,14	2,09	1,76
Стойкость к истиранию (неразрушившиеся пеллеты), %	98,12	98,79	98,67

Исходя из данных таблицы 2 можно сделать вывод, что при внесении незначительного количества данных добавок в композицию пеллет их прочность при изгибе, прочность на сжатие и стойкость к истиранию увеличивается по сравнению с контрольными значениями. Наилучшие показатели получены при изготовлении пеллет с добавкой 1% твердого остатка от производства гуминового препарата «Гидрогумат», однако при использовании остатка от «Оксидат торфа» показатели также выше контрольных значений.

Таким образом, применение данных побочных продуктов химической переработки торфа в пеллетах является перспективным направлением их утилизации, что обусловлено улучшением эксплуатационных свойств древесного формованного топлива.

Список использованных источников

1. Внешняя торговля Беларуси в январе – июне 2018 года [Электронный ресурс] // Министерство иностранных дел Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://mfa.gov.by/export/>. – Дата доступа: 28.04.2019.
2. Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь / Министерство сельского хозяйства и продовольствия РБ. – Минск, 2017. – 543 с.
3. Томсон А.Э., Наумова Г.В. Торф и продукты его переработки. – Минск: Беларуская навука, 2009. – 328 с.
4. Бамбалов Н.Н. Использование торфа в качестве органического сырья для химической переработки // Химия твердого топлива. 2012. № 5. С. 6–12.
5. Биотопливо твердое. Определение механической прочности гранул и брикетов: СТБ EN 15210-1-2011. Введ. 01.07.2012. – Минск: БелГИСС, 2011. – 12 с.

А. Р. Цыганов, проф., д-р с.-х. наук
БГТУ, г. Минск;

А. Э. Томсон, доц., канд. хим. наук; Т. В. Соколова, доц., канд. техн. наук;
Н. Е. Сосновская, Т. Я. Царюк, канд. техн. наук; Ю. Ю. Навоша, канд. физ.-мат. наук;
В. С. Пехтерева, науч. сотр.; И. П. Фалюшина, мл. науч. сотр.;
З. М. Алещенкова, д-р биол. наук; Л. Е. Картыжова, канд. биол. наук
Институт микробиологии НАН Беларуси, г. Минск

ТОРФ И ОТХОДЫ ПТИЦЕФАБРИК В СОСТАВЕ КОМПОЗИЦИОННОГО БИОУДОБРЕНИЯ

В Республике Беларусь отмечается ежегодная тенденция к снижению объемов внесения органических удобрений. Если в 1986–1990 гг. заготавливалось более 80 млн. т органических удобрений, а положительный баланс гумуса обеспечивало внесение 14,4 т/га пашни, то в 2011–2013 гг. – 6,3 т/га. Внесение такого количества органических удобрений не обеспечивает бездефицитного баланса гумуса в пахотных почвах республики, поэтому необходимо ежегодно вносить не менее 40 млн. т органических удобрений, что соответствует 9,4 т/га пашни.

Поиск инновационных путей решения проблемы с минимальными затратами материальных и энергетических ресурсов приводит к разработке технологий получения и применения биоудобрений, обеспечивающих повышение урожайности сельскохозяйственных культур, замену азотных и снижение доз вносимых фосфорных минеральных удобрений, повышение экологической безопасности сельскохозяйственного производства.

Одним из путей снижения экологической напряженности в районах масштабного складирования отходов птицефабрик является их утилизация путем аэробной ферментации подстилочного помета, которая также позволяет получить биоудобрение, насыщенное элементами минерального питания, макро- и микроэлементами, активными микроорганизмами [1, 2].

Совместно с сотрудниками лаборатории взаимоотношений микроорганизмов почвы и высших растений Института микробиологии НАН Беларуси разработана и внедрена технология получения биоудобрения ПолиФунКур, включающая процесс аэробной ферментации отходов птицефабрик (подстилочного куриного помета) и обогащение агрономически ценной микрофлорой.

Цель работы – разработка композиционного удобрения, сочетающего в себе полезные свойства торфа, как источника гумуса, и ферментированного куриного помета. В качестве материалов были выбраны верховой пушицево-сфагновый торф со степенью разложения 35–40 %, зольностью 1,4 % и рН 4,1, а также аэробно ферментированный куриный помет (ФКП), наработанный на опытно-промышленной установке ОДО «Радмедтех», агрохимические показатели которого представлены в табл. 1 и 2.

Для разработки нового композиционного биоудобрения выбраны составы, содержащие 10, 20, 30, 50, 75 % аэробно ферментированного куриного помета, а остальное – верховой торф. Доза внесения биоудобрения в почву (1, 2, 4 т/га) отрабатывалась на составе, содержащем 75 % ФКП.

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика ферментированного куриного помета

Образец	рН	Влажность, %	Зольность, %	Органическое вещество, %	Азот			P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %
					общий	нитратный, мг/кг	аммиачный, г/кг		
ФКП	7,97	23,7	16,9	83,1	3,8	89,1	6,79	3,0	3,5

Таблица 2 – Содержание микроэлементов в ферментированном курином помете (мг/кг)

Образец	Медь	Цинк	Железо	Марганец
ФКП	261,5	404,8	5667,0	587,6

Агрономическая эффективность композиционных составов биоудобрения оценивалась по результатам лабораторных микровегетационных опытов по показателям роста и развития

овощных и пропашных культур (выход зеленой/сухой биомассы, биометрические показатели роста растений). Опыты проводились на модельной песчаной культуре и дерново-подзолистой почве в лабораторных условиях в емкостях площадью 0,025 м², количество учетных растений – 10 штук, повторность опытов – четырехкратная. В качестве контроля использовался песок и дерново-подзолистая почва. В качестве тест-культуры выбраны овощные культуры: лук севок Штуттгартер ризен, редис сорта Жара, кабачок сорта Грибовский и кукуруза сорта Краснодарский сахарный.

В результате проведенных экспериментов установлен ростстимулирующий эффект дозы внесения биоудобрения в пересчете на ФКП (рисунок а–в).

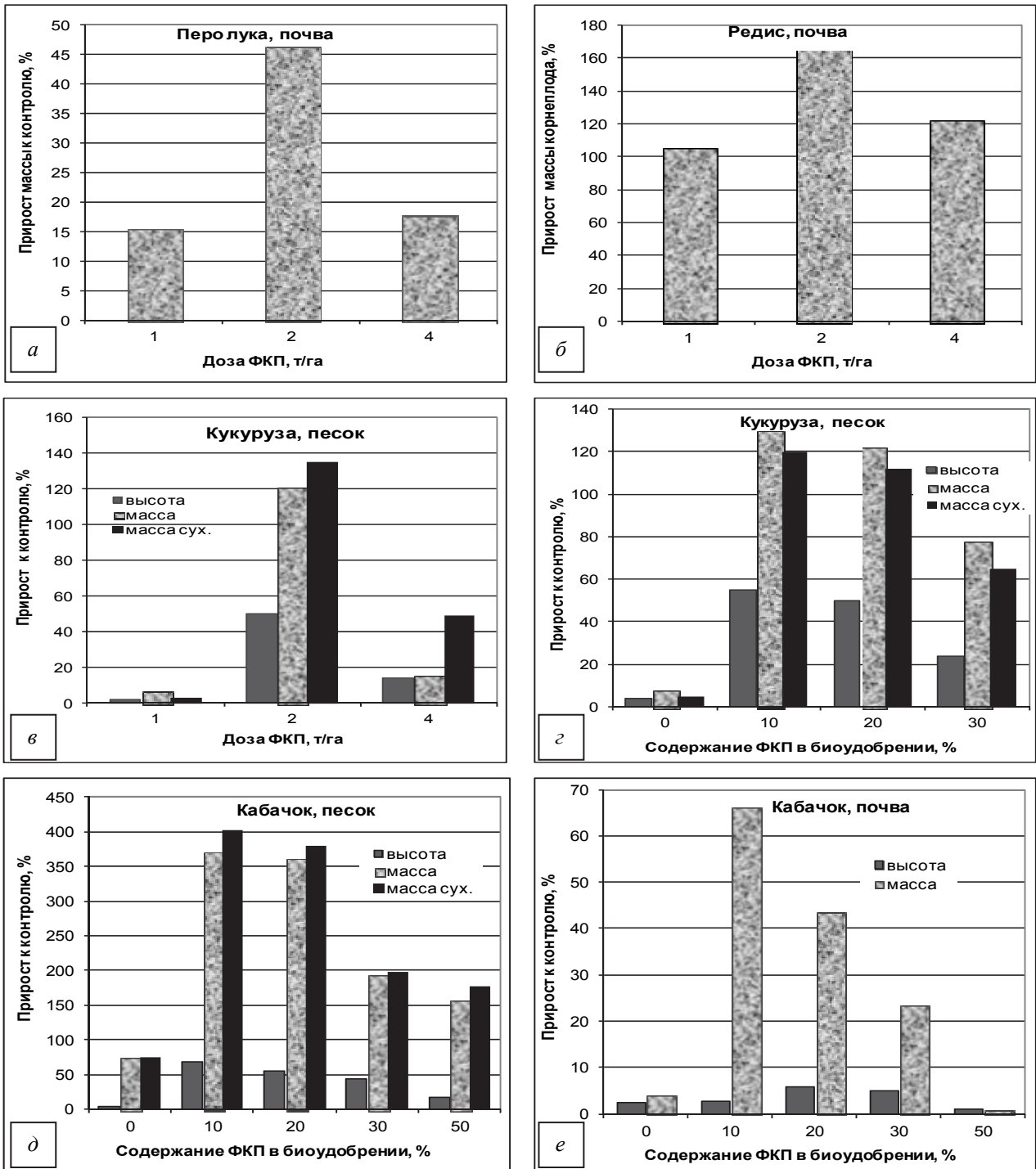


Рисунок – Влияние дозы внесения (а–в) и содержания ФКП в композиционном биоудобрении (г–е) на рост и развитие растений

Так максимальный прирост зеленой массы лука-севка составил 46 % и массы корнеплодов редиса – 162 %, выращенных на дерново-подзолистой почве, а максимальный прирост зеленой массы кукурузы, выращенной на песке, составил 120 %, накопление сухой массы – 135 %, высоты роста – 50 %, что соответствует дозе внесения нового состава биоудобрения – 2 т/га.

Результаты микровегетационных опытов по определению оптимального состава биоудобрения представлены на рисунке (з–е), анализ которых подтверждает ростстимулирующий эффект его применения. Прирост зеленой биомассы кукурузы по сравнению с контролем достигает 130 %, накопление сухой массы – 120 %, увеличение высоты/длины – до 55 % для состава, содержащего от 10 до 20 % ФКП. Необходимо отметить значительное ростстимулирующее действие композиционного биоудобрения при выращивании рассады кабачка.

Прирост зеленой массы кабачка на песке составил до 360 %, сухой – 370–400 %, длины стебля – до 70 % при применении композиционного биоудобрения, содержащего 10 и 20 % ФКП. Аналогичная тенденция наблюдается при выращивании кабачков на дерново-подзолистой почве. С применением биоудобрения указанного выше состава прирост зеленой массы кабачков составил 42–67 %, длины стебля – до 16 %. Установлено, что увеличение количества ФКП в составе биоудобрения свыше 30 % угнетает рост и развитие исследуемых растений. Наблюдалось снижение прироста зеленой массы и накопление сухой, высоты/длины растений.

Механизм полифункционального действия биоудобрения, по видимому, связан с наличием в нем макро – и микроэлементов, деятельностью микроорганизмов, как входящих в его состав, так и активированных почвенных, а также высоким содержанием органического вещества гумусовой природы, что способствует повышению плодородия.

Таким образом, в результате проведенных микровегетационных лабораторных опытов установлено, что композиционное биоудобрение, включающее 10–20 % ФКП и 90–80 % верхового торфа, оказывает ростстимулирующее действие, а в дозе 2 т/га в пересчете на ФКП является оптимальным количеством для внесения в почву при выращивании овощных и пропашных культур, что согласуется с литературными данными [3].

Список использованных источников

1. Вайшля, О. Б. Биологические активаторы плодородия почв / О. Б. Вайшля, А. А. Ведерникова, А. И. Кин, О. М. Минаева // Наука и инновации XXI века: материалы VI конф. мол. уч. Сургут: Изд-во СурГУ, 2006. – С. 175–177.
2. Гребенникова, В. В. Эффективность биопрепаратов в системе биологического земледелия / В. В. Гребенникова // Успехи современного естествознания. – 2004. – № 2. – С. 99–100.
3. Архипченко, И. А. Полифункциональные микробные удобрения / И. А. Архипченко // Наука в России. – 1996. – № 6. – С. 62–64.

Flyurik E.A., Kokhanskaya M.V.,
Bushkevich N.V., Klintsevich V.N.
Belarusian State Technological University

NEW VEGETABLE SHAMPOO BASED ON WASTE PRODUCTION

In last few years population began to pay more attention to their health. The share of people who regularly per for marange of physiqe exercises to increase their physiqe training and prevention of diseases caused by sedentary life style is increasing. It is proved that moderate physiqe exercises can help to prevent illness and mental stress; but over work leads to stress causing

fatigue or different types of damage not only to the internal organs but also to the hair and skin of a person. Fatigue – is a symptom which indicates that a person's health is undermined. It is set off [1] two mechanisms of fatigue: oxidative stress and exhaustion. Intensive physique exercises can stimulate the production and accumulation of excess free radicals which leads to oxidative stress and body damage. That's why in recent decades researches [2] have paid particular attention to the antioxidant effect of flavonoids, to their ability to stop free radicals.

As you know, all plants have certain biologically active substances (BAS), but special interest present tonnage renewable wastes from agriculture and forestry as perspective raw material for obtaining materials that are useful to man, because they have enough raw material base. As a rule, such raw material contain natural BAS, in particular flavonoids, the process of separation them from waste in most cases is more advantageous than their chemical synthesis.

Most of the crop waste under go to destruction in natural conditions, increasing the fertility of soil. However, in terms of intensive agricultural production waste is geographically concentrated and a number of them is too high for natural potential of biodegradation. For example, in the cultivating and conversion of buckwheat sowing, as well as other cereal crops, tonnage waste are formed in the form of straw, fruit shells (shuck, pod, capes) and middlings (or bran). The share of straw from buckwheat in the total above ground mass of plants depends on the variety and is 42–62%. Due to the stability of lignocellulosic complex it is more difficult than other wastes to undergo biodegradation in the environment. In most farms of the country it remains on the fields and usually is burnt or plowed [3].

Incineration reduces the number of pathogens and weeds, but beneficial substances are lost that could increase soil fertility and the atmosphere is polluted.

Straw plowed into the soil as a result of chemical and biological processes is slowly but disintegrate. However some products of disintegration have a negative effect on plant growth. With an aerobic biodegradation of straw salt sofacetic, propionic and butyric acids are formed, which inhibit, subsequently, germination and growth of plants. Besides, the decomposition microbial population absorbs nitrogen, depleting the soil. This is also there as on for lower yields later. That's why neither incineration nor plowing is an efficient way to recycle waste.

Currently studies are carry in gout in direction of development of complex technology of buckwheat straw conversion to secrete utility components, lower its volume and accordingly preparing for accelerated decomposition in the environment. It should be noted that realization of this direction is associated with a number of problems, namely: necessity to select method and modes for isolating the complex of valuable substances and their purification from mixtures, secondary substances, as well as selection of conditions in which maximum extraction of useful substances will be achieved with preserving their properties, reduce waste and eliminate their negative environment impact.

Thus buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) and blueberry (*Vaccinium*) were in the area of our attention.

Buckwheat has been studied by scientists for a very long time and every years great number of works are published on the issues of breeding, cultivating and processing, and several dissertations are defended. As a raw material for industrial processing a mixture of leaves and flowers of buckwheat is used. This is due to the fact that this plant raw material contains a big amount of BAS. For example, during bloom the content of the main active substance rutosidum in it reaches a maximum (2–7%) of the mass of air-dry raw material. The vegetative mass of a plant contains a large amount of organic acids (citric, malic, oxalic) [4]. Besides, the aerial part of plant contains a whole complex of vitamins, minerals, micro- and macronutrients, essential amino acids. In cosmetology extracts and drawing from buckwheat are used. Folic acid which is part of buckwheat, has a benefit influence on the recovery processes and is part of means for rejuvenation. And thanks to the presence of a complex of vitamins buckwheat is added to the cosmetics for the hair and scalp.

Based on the foregoing we can make a conclusion that buckwheat is one of those crops that can be subjected to complex processing.

Blueberry leaves, as well as buckwheat straw is not a target product, that's why presently in our country is not used. But scientific medicine has long shown interest in the blueberry fruit as the source of a whole complex of BAS which has a wide range of therapeutic and prophylactic properties. The high contain of BAS causes antioxidant, antidiabetic, anti-inflammatory, antiviral, anti-scorching, tonic, antipyretic, vasoprotective action, improves the rheological properties of blood, contributing to the strengthening of the walls of blood vessels, and also allows to inhibit the growth of tumors [5].

Blueberry has found wide application in different branches of a modern human life: as dyes, for tanning skin, in the food and pharmaceutical industries, blueberry fruit and leaves are used in cosmetology.

Blueberry fruit contain vitamins B1, B2, PP, E, C. Phosphorus, magnesium, sodium are micronutrients which make up blueberry. Of particular importance are the phenolic compounds present in fruit. These are physiologically active substances that strengthen the capillaries and retain ascorbic acid in organism. Almost all substances contained in fruit, are also in leaves of a plant. Protects hair from UV-rays and photo damages, improves metabolic processes in scalp.

The aim of the work was to study the possibility of using extracts of buckwheat and blueberry, obtained on the basis of previously unused production wastes, as a potential source of raw material for the development of a new herbal shampoo.

The composition of shampoo includes a great amount of main components: surface active agents (SAA); stabilizing, overheating, emollients; fragrances, solvents, plasticizers and others. Besides the main components to increase dermatological softness and achieve new functional properties of shampoo in their composition they introduce BAS and special additives. They are used in the form of tinctures, extracts, essences and oils. Compounds with BAS can refresh, soften and tone up the surface of the hair and scalp, help to improve its blood supply and regeneration, strengthen hair and stimulate their growth. To normalize the condition of scalp extracts of thyme, sage, marjoram, rosemary, ginseng, seaweed, meadow chamomile, lemon-balm, etc. are used. Bees royal jelly improves shine and combing hair, bactericidal, anti-handruff effects have extracts of propolis and essential oils.

To develop new herbal shampoo we obtained tinctures of blueberry leaves, blueberry fruit and buckwheat leaves. Tinctures were a clear colored liquid aqueous, were obtained without heating and removal of the extractant.

As is known the effectiveness of introducing the extract to cosmetic compositions depends on the effectiveness of the extract itself, its manufacturability (solubility and proportioning), stability at different pH and temperature, compatibility with other components of a system. That's why we studied the influence of plant tinctures on the characteristics of shampoo (foaming ability/foam number, foam stability).

At the first step of the study we explored indexes of anionic SAA which used an aqueous solution of sodium laureth sulfate. It was determined that optimal concentration of SAA that provides foaming properties on the level of requirements for hygienic detergents is 0.02%.

Next, we studied influence of different tinctures on characteristic indicators of shampoo. Samples of solutions with extracts containing 0.02% anionic SAA and from 10 to 60% of tinctures of blueberry fruit, blueberry leaves, buckwheat leaves were obtained. Samples of tinctures of blueberry fruit had a color from light pink to crimson due to the content of specific pigments in the composition of fruit – anthocyanins. Samples of tinctures of blueberry leaves had a pale yellow color due to the content of specific pigments in the composition of leaves – carotenoids. Samples of tinctures of buckwheat leaves had a pale yellow color which is also due to the content of carotenoids. Physical and chemical parameters of samples were identified.

Based on the results obtained in the course of the study a technological scheme of production herbal shampoo on the basis of all the above-described tinctures of vegetable raw materials was developed. Thus the possibility of using plant waste to create target product was clearly demonstrated.

References

1. Effects of vitamin E deficiency on fatigue and muscle contractile properties / J. Coombes [et al] // *EurJApplPhysiol.* –2002. – N 87. P. 272–277.
2. Kaur Ch. Antioxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables / Ch. Kaur, H.C. Kapoor// *Intern. Journ.FoodSci. Techn.* – 2002. – V. 37. N 2. – P. 153–161.
3. Renewable sources of chemical raw materials: complex processing of waste products of rice and buckwheat production / V.I. Sergienko [et al.] // *J. of the Rus. Chem. Soc.D.I. Mendeleev.* – 2004. N 3.–P. 116–124.
4. Loskutova, E.N. Scientific and informational support for the study of the composition of buckwheat production waste to substantiate the possibility of obtaining valuable products // *Proceedings of the VI International Student e-Scientific Conference "Student Scientific Forum"* <http://www.scienceforum.ru/2014/2/7027> (date: 22.05 .2018).
5. Mukhametova, S.V. Parameters of fruiting and the content of flavonoids and ascorbic acid in the fruits of blueberry (*Vaccinium*) / S.V. Mukhametova, E.A. Skochilova, D.V. Protasov // *Chemistry of plant materials.* – 2017. –N3. –P. 113–121.

ЭКОНОМИКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ, УСТОЙЧИВОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ. УСТОЙЧИВОЕ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

УДК 502.131

А.В. Неверов, проф., д-р экон. наук;
Н.А. Масилевич, доц., канд. биол. наук; А.В. Равино, канд. экон. наук, доц.
БГТУ, г. Минск

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КАПИТАЛ: ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА

В условиях обострения экологических проблем и эколого-экономических противоречий приоритетной задачей выступает удовлетворение экологических потребностей современного общества. Решение этой задачи непосредственно связано с обеспечением экологической безопасности и самосохранением человека и цивилизации в целом.

Ограниченность ресурсов для удовлетворения экологических потребностей общества обуславливает необходимость использования категории экологического капитала и разработки теоретических и методологических основ его воспроизводства в системе устойчивого развития.

Следует обратить внимание на взаимосвязь категорий природного и экологического капитала.

Природный капитал, в том числе экологический, вместе с другими формами капитала является основой для развития и роста экономики. Понятие природного капитала претерпело постепенную трансформацию от простого обозначения совокупности природных ресурсов до признания его природным активом, который используется не только как материальная основа, но и для оказания специфических средообразующих экологических услуг.

В экономической литературе приводятся следующие трактовки природного капитала как экономической категории:

- запас природных производственных ресурсов, которыми наделено общество и которые могут использоваться в производственных целях;
- накопление или поток энергии или материи, имеющих потенциал для производства товаров и услуг: ресурсы (возобновляемые, невозобновляемые), процессы (регулирование климата, круговорот веществ) и накопление (переработка, поглощение и нейтрализация отходов);
- минеральные, растительные и животные составляющие биосферы, рассматриваемые как средства производства кислорода, фильтрации воды, защиты от эрозии и других составляющих экосистемы;
- вовлеченные в хозяйственный оборот и приносящие доход собственнику элементы и силы природы [1];
- совокупность природных активов, предоставляющих человечеству природные ресурсы (сырье) и экосистемные услуги (услуги экосистем) [2];
- все элементы природно-ресурсного потенциала (в воспроизводстве которых существует объективная потребность общества), приносящие эколого-экономический эффект и осуществляющие вклад в приращение национального богатства в течение длительного периода [3].

В традиционной экономической науке аналогом естественного (природного) капитала является фактор производства «земля», понимаемая как природная составляющая экономики, жестко ограниченная в размерах экономического предложения.

Экономическую ценность экологических ресурсов выражает альтернативная стоимость их сохранения (воспроизводства), обусловленная адекватным (экологоориентированным) направлением экономического роста [4].

Природный капитал – это такая величина запаса ограниченных природных ресурсов (энергии, вещества), которая способна обеспечивать свое экономическое воспроизводство и осуществлять вклад в приращение национального богатства.

В рамках природного капитала структурно выделяется *экологический капитал*, под которым целесообразно понимать стоимость запаса ресурсов экосистем, способных воспроизводить (сохранять) экологическое равновесие и связанные с ним экологические блага. Экологический капитал становится незаменимым фактором жизнедеятельности общества и носителем экономической ценности [4].

Природный капитал как экономическая категория выражает стоимостную оценку природных активов, т. е. активов, представляющих собой природные ресурсы, сохранение и воспроизводство которых выступает важным условием зеленого роста.

Состав природного капитала неоднороден, принято выделять возобновляемые и невозобновляемые природные ресурсы. При этом физической (материальной) основой первых выступают экосистемы, которые обладают способностью к воспроизводству и могут предоставлять свои услуги в течение длительного периода. В этой связи в составе природного можно выделить экологический капитал.

Экологический капитал – это стоимость экологических ресурсов, т. е. ресурсов экосистем, способных сохранять и воспроизводить экологическое равновесие и связанные с ним блага, необходимые для удовлетворения эколого-ресурсных потребностей [5].

Экологический капитал выражает капитализированная величина экологической ренты как стоимостной оценки экологического эффекта.

Состав экологического капитала определяет:

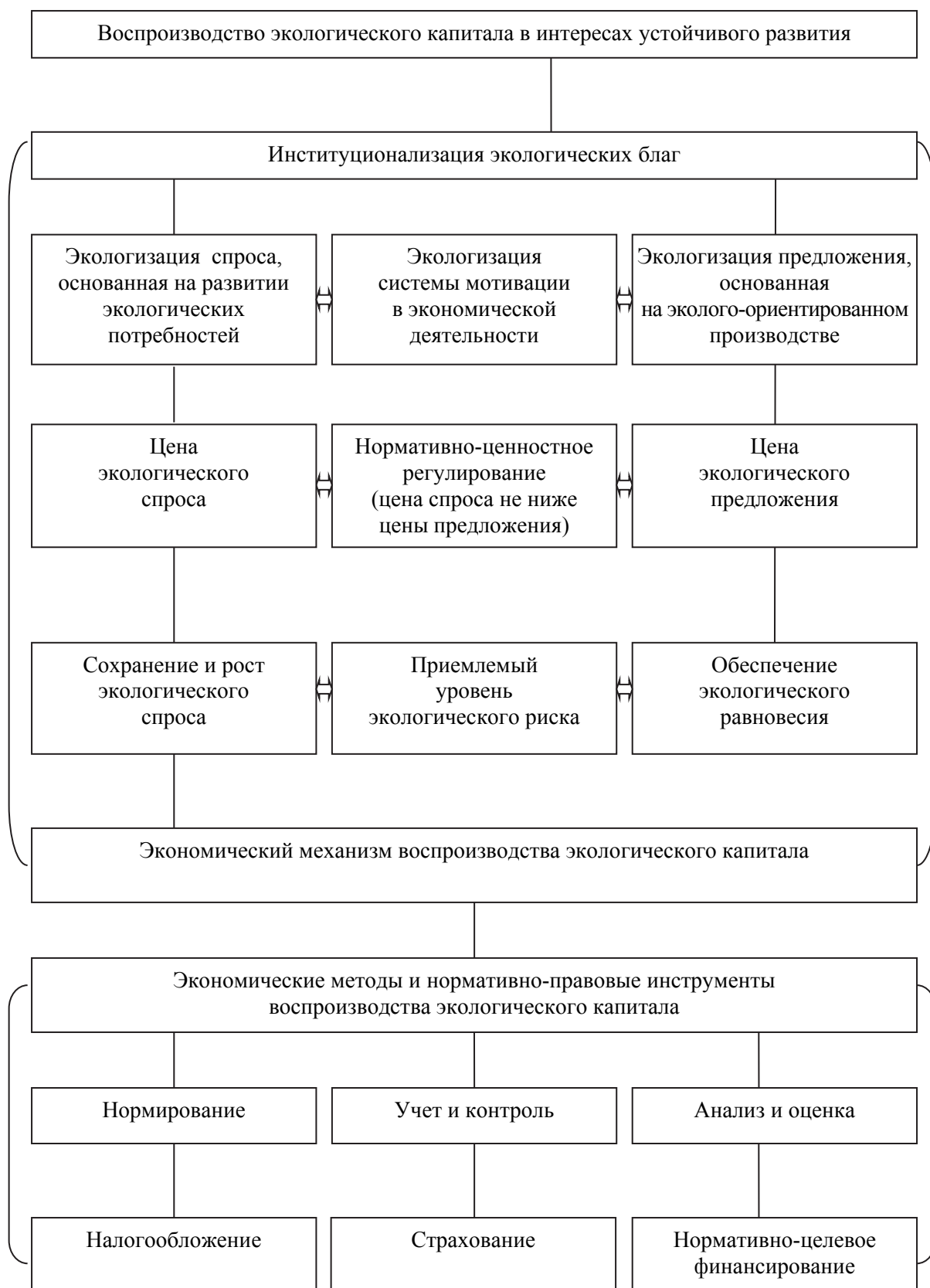
– стоимостная оценка основных средообразующих функций экологических ресурсов – экосистемных услуг как взаимосвязанных и взаимообусловленных средообразующих функций природных экологических систем (лесных, луговых, естественных болотных и водных) и биологического разнообразия;

– стоимостная оценка специфических функций экологических ресурсов, таких как углерододепонирующая способность лесных и болотных экосистем, сорбционная (водоочистительная) функция болот, ассимиляционный потенциал лесных экосистем.

Воспроизводство экологического капитала дает возможность создавать дополнительную стоимость и удовлетворять потребности без снижения стоимости самого актива. Таким образом, величину экологического капитала можно представить как стоимость природных активов, которые обеспечивают (вос)производство экосистемных услуг [5].

Экономическое содержание экологического капитала определяют экологическое предложение и экологический спрос. Предложение определяется естественными условиями: природная среда – исходный базис для существования человека и развития экономики. Экологическое предложение одновременно является естественным ограничителем роста. В этом случае главная роль в формировании экологического капитала принадлежит спросу.

Принимая во внимание законы рыночной экономики, можно сформулировать основное правило ценообразования в сфере воспроизводства экологического капитала – цена экологического спроса, установленная обществом, должна быть не ниже цены экологического предложения. В условиях отсутствия рынка цена спроса формируется с учетом нормативных требований к окружающей среде и выступает в виде налогов и других обязательных платежей. Иными словами, система нормирования выступает фактором экономической институционализации экологического спроса, что становится причиной роста цены спроса и главным фактором сохранения предложения (стимулом воспроизводства экосистем).



Рисунок– Система воспроизводства экологического капитала

Воспроизводство экологического капитала можно определить как экономическую систему сохранения экологического равновесия, основанную на нормативно-ценностном регулировании экологического спроса и экологизации экономики при обеспечении приемлемого уровня экологического риска [4].

Система воспроизводства экологического капитала включает формирование экологического спроса на основе экономической институционализации экологических благ и формирование эффективного экологического предложения (обеспечение экологического равновесия) с помощью концепции приемлемого риска с акцентом на постоянное повышение уровня экологической безопасности и постоянное ужесточение норм (см. рисунок).

Экологизация спроса основана на развитии экологических потребностей и перераспределении средств в пользу их удовлетворения. Экологизация предложения основана на экологически ориентированной структурной перестройке производства и активном внедрении «зеленых» технологий и циркулярных проектов. Эти процессы возможны при экологизации системы мотивации в экономической деятельности на основе ценностей устойчивого развития.

Механизм воспроизводства экологического капитала включает систему платного природопользования, систему нормативного природопользования, экономические методы и нормативно-правовые инструменты воспроизводства экологического капитала (учет и контроль, анализ и оценка, нормирование, налогообложение, ценообразование, страхование, нормативно-целевое финансирование).

Одной из проблем воспроизводства экологических ресурсов (экосистемной продукции и экосистемных услуг) является недооценка их экономической ценности, обусловленная методологическим несовершенством существующих методов стоимостной оценки, которые не могут учесть все сложности природы, ее функции и взаимосвязи.

Проблема применения методов оценки природного капитала проявилась еще в 1970–80-х годах. Основные теоретико-методологические подходы к оценке природных ресурсов и методы определения народно-хозяйственного эффекта от их эксплуатации изложены в трудах известных российских экономистов, таких как Л.В. Канторович («Экономический расчет наилучшего использования ресурсов», 1959), Н.П. Федоренко («Экономические проблемы оптимизации природопользования», 1973), Т.С. Хачатуров («Экономика природопользования», 1987), К.Г. Гофман («Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды», 1986).

Наиболее широкое распространение в научной литературе в отношении *стоимостной оценки экосистемных услуг* получила концепция *общей экономической ценности природы* и связанный с ней метод «затраты – выгоды». Вместе с тем эта концепция содержит дискуссионные положения. Прежде всего, она предусматривает простое суммирование стоимости и функций (услуг) экосистем без учета того, что в реальности одна функция может обеспечивать предоставление нескольких экосистемных услуг, или того, что обеспечение одной услуги (функций) вне реализации другой невозможно.

Применяется *концепция альтернативной стоимости*, в соответствии с которой альтернативным выражением экологического эффекта является потеря экономического эффекта, связанного с необходимостью сохранения качества природной среды (экосистемных услуг) и устойчивого продуцирования экосистем, поддержания условий дикой природы и т. п.

Реализацию стоимостных отношений, формирующих экономическую ценность экологических ресурсов, выражает классическая теория земельной ренты и ее современная интерпретация – *концепция производственной ренты*, в составе которой выделяется экологическая рента. Согласно данной концепции, ключевой категорией, отражающей

экономическую ценность экосистемных услуг, является природный капитал, в котором экологическая составляющая учитывается с помощью пониженной нормы дисконта.

В зависимости от целей стоимостной оценки экологического капитала и сферы применения результатов используются следующие ее виды:

1. *Интегральная стоимостная оценка экосистемных услуг* и стоимостная ценность биологического разнообразия применяются для обоснования альтернативных вариантов их использования; оценка базируется на теории экологической ренты и механизме ее выражения –

альтернативной стоимости с учетом эффективности воспроизводства в экономической и экологической сферах.

2. *Поэлементная стоимостная оценка* связана с учетом ценности конкретных социально-значимых нетоварных экосистемных услуг, а также с проводимыми на международном уровне оценками; основана на оценке величины депонирования двуокси углерода лесными и естественными болотными экологическими системами, сорбционной (водоочистительной) функции болот, ассимиляционного потенциала лесных экологических систем.

Интегральная стоимостная оценка экосистемных услуг проводится по основным типам природных экологических систем: лесным, луговым, естественным болотным и водным.

Основываясь на теории экологической ренты и методологической схеме эколого-экономической оценки природного капитала, выполнена стоимостная оценка природного и экологического капитала. Так, величина природного капитала составила 15 млрд. долл США, или 25% в структуре национального богатства (60 млрд. долл США), а экологического капитала – 13 млрд. долл США, или 22% в структуре национального богатства Беларуси [3, 6].

По данным Дарбалаевой Д.А. [1], природный капитал в структуре национального богатства России на конец 2000 г. составил 32%, а величина национального богатства – 24 трлн. долл США. В настоящее время в контексте становления новой области знаний – экономики экосистем и биологического разнообразия – разрабатываются и совершенствуются методология и методы экономической оценки экосистемных услуг.

В Республике Беларусь осуществляется экономическая оценка услуг экосистем преимущественно для особо охраняемых природных территорий (национальных парков) и отдельных регионов (административных районов). Проведение ценностной оценки любой экосистемной услуги и последующее использование ее результатов в экономике предполагает выполнение следующего: идентификация экосистемной услуги; определение ее ценности и выгод, связанных с ней; определение получателя выгод от услуги; формирование механизма платежей за экоуслуги и обоснование иных направлений использования результатов оценки [5].

Таким образом, растет осознание фундаментальной роли природного, в том числе экологического, капитала в жизнедеятельности мирового сообщества, о чем свидетельствуют программные документы, принимаемые на международном и национальном уровне. Формируются новые институциональные и экономические механизмы его воспроизводства, в основе которых лежат ценностные оценки экосистемных услуг. При этом под системой воспроизводства экологического капитала следует понимать экономическую систему сохранения экологического равновесия, основанную на нормативно-ценностном регулировании экологического спроса и экологизации экономики.

Список использованных источников

1 Дарбалаева Д.А. Природный капитал в устойчивом развитии эколого-экономической системы / Д.А. Дарбалаева, Т.Г. Романова, В.Б. Яковлева. – СПб. : изд-во СПбГУЭФ, 2012. – 134 с.

2 Титова Г.Д. Понятие «природный капитал», развитие методологии и методов его экономической оценки // Вестник СПбГУ. Сер. 7. 2014. Вып. 1.

3 Неверов А.В., Деревяго И.П. Природный капитал в системе устойчивого развития // Белорусский экономический журнал. № 1, 2005. – с. 121-132.

4 Экономика природопользования: учебно-методическое пособие / А.В. Неверов, А.В. Равино [и др.]; под общ. ред. А. В. Неверова. – Минск: Колорград, 2016. – 400 с.

5 Деревяго И.П. Зеленый рост экономики: от теории к практике / И.П. Деревяго. – Минск : Бинера, 2019. – 160 с.

6 Неверов А.В., Деревяго И.П., Неверов Д.А. Экологический капитал: содержание и теория воспроизводства // Механизм регулирования экономики 2010, № 3, т.1 – с.7-9.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИНДЕКСЫ: ГЛОБАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ И РЕЙТИНГОВЫЕ ПОЗИЦИИ БЕЛАРУСИ

Актуальность использования количественных индикаторов и индексов для оценки экологических аспектов устойчивого развития в целом и отдельных его составляющих подтверждается инициативами ООН, в частности положениями Орхусской Конвенции [1], обязывающей Государства обеспечить более активное участие общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды. Межстрановые сравнения позволяют объективно оценить ситуацию в экономической, экологической и социальной сферах, а также выявить уровень и тенденции развития Беларуси относительно других государств, что обуславливает актуальность их изучения.

Индекс экологической эффективности (The Environmental Performance Index) – представляет собой комбинированный показатель состояния охраны окружающей среды и эффективности управления природными ресурсами, рассчитываемый Центром экологической политики и права при Йельском университете. Выступает комплексным сравнительным показателем успешности экологической политики государства во всем мире измеряя его достижения с точки зрения экологии и управления природными ресурсами.

Данный индекс позволяет выявить противоречие между двумя фундаментальными аспектами устойчивого развития: экологическим здоровьем, которое улучшается с экономическим ростом и жизнеспособностью экосистемы, которая находится под давлением индустриализации и урбанизации. Такой эмпирический подход к охране окружающей среды позволит отслеживать тенденции, выявлять проблемы, успехи и неудачи практических мер экологической политики, определять перспективные направления инвестирования, в том числе в природоохранные мероприятия.

Индекс–2018 [2] позволяет не только оценить текущие результаты экологической политики, но и отражает позитивные десятилетние тенденции в области улучшения доступа к питьевой воде и санитарным условиям, сохранения биоразнообразия и защиты морских экосистем, а также негативные – в сфере эксплуатации рыбных ресурсов во всем мире, проблемы обезлесивания и ухудшения качества воздуха в отдельных странах. Результаты оценки экологической эффективности отдельных государств объединены в страновой рейтинг (таблица 1).

Таблица 1 – Рейтинг экологической эффективности стран, 2018 г.

Место в рейтинге	Наименование страны	Индекс экологической эффективности	Экологические цели	
			Экологическое здоровье	Жизнеспособность экосистем
1	Швейцария	87,42	93,57	83,32
2	Франция	83,95	95,71	76,11
3	Дания	81,60	98,20	70,53
4	Мальта	80,90	93,80	72,30
5	Швеция	80,51	94,41	71,24
44	Республика Беларусь	64,98	69,55	61,94
52	Российская Федерация	63,79	75,48	55,99
63	Республика Армения	62,07	56,85	65,56
99	Кыргызская Республика	54,86	54,78	54,92
101	Республика Казахстан	54,56	66,70	46,46
109	Украина	52,87	64,44	45,16

В 2018 г. мировым лидером признана Швейцария – 87,42; Франция, Дания, Мальта и Швеция вошли в Топ–5 стран по индексу экологической эффективности. Успех этих

государств обусловлен достижением высоких экономических показателей в совокупности со снижением загрязнения и ущерба окружающей среде и природным ресурсам.

Таблица 2 – Индекс экологической эффективности Республики Беларусь – 2018

	Текущий период		Базовый период		Изменение в рейтинге, +, -
	рейт.	балл	рейт.	балл	
Экологическая эффективность	44	64,98	34	68,95	-10
<i>Экологическое здоровье</i>	<i>67</i>	<i>69,55</i>	<i>53</i>	<i>70,08</i>	<i>-14</i>
<i>Качество воздуха</i>	<i>82</i>	<i>69,71</i>	<i>70</i>	<i>72,25</i>	<i>-12</i>
Загрязнение воздуха от использования домашними хозяйствами твердых видов топлива	54	68,50	60	50,22	6
Загрязнение воздуха (среднее воздействие)	135	69,55	128	86,03	-7
Превышение загрязнения воздуха	141	71,47	122	87,83	-19
<i>Вода и санитарные условия</i>	<i>46</i>	<i>68,66</i>	<i>44</i>	<i>66,50</i>	<i>-2</i>
Доступ к питьевой воде	33	71,20	33	69,03	0
Доступ к санитарии	58	66,13	50	63,96	-8
<i>Тяжелые металлы / Выделение свинца</i>	<i>36</i>	<i>72,80</i>	<i>38</i>	<i>63,39</i>	<i>2</i>
Жизнеспособность экосистемы	48	61,94	20	68,19	-28
<i>Биоразнообразие и среда обитания</i>	<i>114</i>	<i>65,61</i>	<i>104</i>	<i>60,94</i>	<i>-10</i>
Морские охраняемые районы	–	–	–	–	–
Защита биома (глобальная)	114	62,03	105	53,94	-9
Защита от биома (национальная)	114	62,03	106	53,94	-8
Индекс защиты видов	99	72,60	94	70,07	-5
Индекс репрезентативности	97	40,37	92	35,67	-5
Индекс местообитаний видов	51	91,21	74	95,91	23
<i>Лес / Потеря лесного покрова</i>	<i>88</i>	<i>15,34</i>	<i>96</i>	<i>22,52</i>	<i>8</i>
<i>Рыбная ловля</i>	<i>–</i>	<i>–</i>	<i>–</i>	<i>–</i>	<i>–</i>
Эксплуатация рыбных ресурсов	–	–	–	–	–
Региональный морской трофический индекс	–	–	–	–	–
<i>Изменение климата и энергетика</i>	<i>30</i>	<i>64,73</i>	<i>11</i>	<i>75,76</i>	<i>-19</i>
Интенсивность выбросов CO ₂ , всего	20	73,10	8	98,59	-12
Интенсивность выбросов CO ₂ , кВт/ч	79	39,38	79	39,38	0
Интенсивность выбросов метана	53	70,20	45	59,68	-8
Интенсивность выбросов N ₂ O	38	74,98	34	61,50	-4
Интенсивность выбросов технического углерода	82	50,24	34	71,55	-48
<i>Загрязнение воздуха</i>	<i>32</i>	<i>72,33</i>	<i>1</i>	<i>100,00</i>	<i>-31</i>
Интенсивность выбросов SO ₂	42	72,06	2	100,00	-40
Интенсивность выбросов NO _x	31	72,60	1	100,00	-30
<i>Водные ресурсы / Очистка сточных вод</i>	<i>18</i>	<i>97,54</i>	<i>18</i>	<i>97,54</i>	<i>0</i>
<i>Сельское хозяйство / Устойчивое управление азотом</i>	<i>101</i>	<i>28,10</i>	<i>101</i>	<i>28,10</i>	<i>0</i>

Примечание. Серым цветом выделены индикаторы по которым наблюдается улучшение значений.

Беларусь занимает 44 строчку в рейтинге, опережая все остальные страны ЕАЭС, при этом по оценке выполнения целей экологической политики в отдельности республика находится на втором месте, уступая Российской Федерации в сфере сохранения экологического здоровья и Республике Армения в области жизнеспособности экосистем.

Согласно Докладу–2018 Беларусь ухудшила занимаемые позиции в рейтинге за последнее десятилетие с 34 места до 44. В таблице 2 представлена динамика индикаторов индекса экологической эффективности в последнее десятилетие: положительные значения изменения рейтинга показывают улучшение позиции Беларуси, отрицательные – ухудшение.

Снижение позиции Беларуси в большей степени вызвано увеличением влияния таких негативных показателей как интенсивность выбросов CO₂ (ухудшение на 12 позиций), интенсивность выбросов технического углерода (на 48 позиций), интенсивность выбросов SO₂ (на 40 позиций), интенсивность выбросов NO_x (на 30 позиций) (рисунок 1).

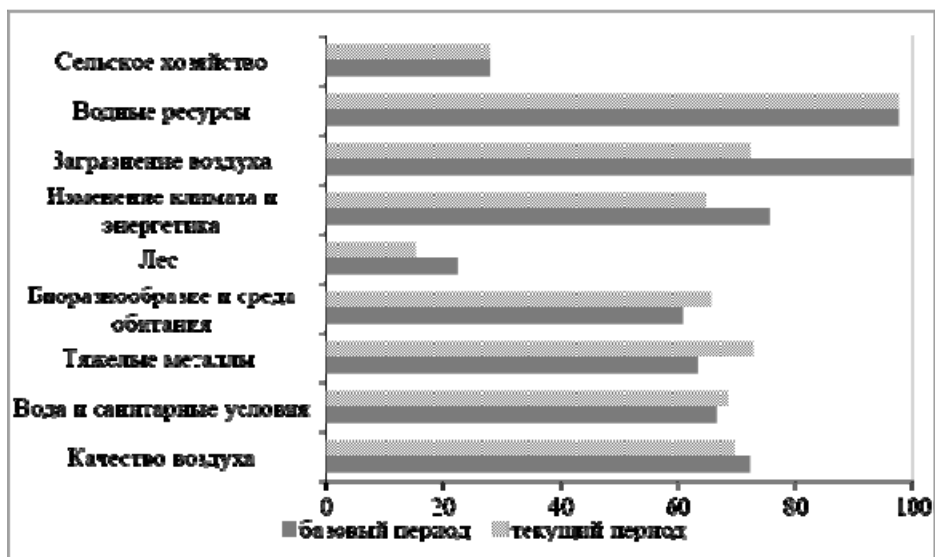


Рисунок 1 – Динамика основных показателей Индекса экологической эффективности Республики Беларусь

Рейтинг устойчивости энергетики – 2018 («Regulatory Indicators for Sustainable Energy», RISE – 2018) Всемирного Банка, охватывает 133 страны (против 111 стран в 2016 г.), на долю которых приходится более 97 % населения и потребляемой энергии. Рейтинг классифицирует страны по принципу «светофора»: зеленая зона (67-100 баллов) – страны с сильной государственной политикой поддержки устойчивой энергетики; желтая зона (34–66 баллов) – страны со значительными возможностями ее расширения; красная зона (0–33 баллов) – страны в которых она отсутствует или разработана незначительно.

Первую пятерку стран в рейтинге составляют Германия (94 балла), Великобритания (92), Италия (91), Канада (90), Корея (90 балла) [3]. Страны ЕАЭС, за исключением Кыргызстана (55 баллов), имеют бальную оценку на уровне 70-74 и включены в список стран благополучной «зеленой» зоны рейтинга. Доступ к источникам энергии оценивается во всех странах ЕАЭС в 100 баллов; по показателям энергоэффективности только Беларусь отнесена к благополучной зоне (74 балла); при этом развитие возобновляемой энергетики в Беларуси оценено в 47 баллов из 100 возможных (таблица 3).

Таблица 3 – Рейтинг устойчивости энергетики, 2018 г.

	Страны ЕАЭС				
	Армения	Беларусь	Казахстан	Кыргызстан	Россия
Общий балл	70	74	70	55	73
Доступ к электричеству	100	100	100	100	100
Энергоэффективность	44	74	49	32	58
Возобновляемая энергетика	66	47	60	32	60

Примечание. Таблица составлена авторами по данным Всемирного Банка за 2017 г.

В связи с тем, что развитие возобновляемой энергетики относится к приоритетным направлениям становления зеленой экономики нами проведен анализ методологических подходов расчета данного индикатора. Установлено, что развитие правовой сферы регулирования сферы возобновляемой энергетики оценивается двумя факторами: наличие правовой основы для развития возобновляемых источников энергии, и законодательное закрепление права владения частным сектором возобновляемыми источниками энергии. Применительно к Беларуси дана положительная оценка первого фактора и отрицательная второго, что привело к более низкой рейтинговой позиции отражающей правовые основы развития возобновляемой энергетики в Беларуси по сравнению с другими странами ЕАЭС (50 баллов против 100 в остальных странах ЕАЭС) (таблица 4).

Таблица 4 – Составляющие индекса возобновляемой энергетики, 2018 г.

	Страны ЕАЭС				
	Армения	Беларусь	Казахстан	Кыргызстан	Россия
1. Правовая основа	100	50	100	100	100
2. Планирование расширения	69	67	40	5	39
3. Поддержка возобновляемой энергетики	75	36	35	19	37
4. Финансовые инструменты	83	67	33	33	42
5. Подключение к сети и использование	13	26	48	30	59
6. Риски	70	32	64	38	92
7. Цены и система мониторинга	50	50	100	0	50

Несмотря на положительную оценку наличия государственной поддержки развития отрасли возобновляемой энергетики Беларуси, отсутствие механизмов компенсации возможных потерь при переходе на использование возобновляемых источников энергии, а также отсутствие финансовых и законодательных инструментов поддержки использования биотоплива транспортными средствами, обеспечили достаточно низкую рейтинговую оценку поддержки направления в целом (36 баллов).

Нерешенность вопросов интеграции возобновляемых источников энергии в действующие электросети оказала существенное влияние на оценку подключения к сети – 26 баллов, что является одним из самых низких значений индекса среди стран ЕАЭС (при максимальном в России (59) и минимальном в Армении (13)).

Экономические риски внедрения проектов возобновляемой энергетики в Беларуси оцениваются как высокие. По данному показателю республика имеет наименьший балл (32), и, единственная из стран ЕАЭС, находится в «красной» зоне.

Индекс эффективности усилий в сфере защиты климата (ClimateChangePerformanceIndex – CCPI) – выступает инструментом, предназначенным для повышения прозрачности в международной политике в области климата. Индекс –2019 сравнивает показатели защиты климата посредством агрегирования четырнадцати индикаторов в рамках четырех категорий: уровень выбросов, возобновляемые источники энергии и ее использование, а также политика в отношении климата. При этом традиционно первые три позиции рейтинга преднамеренно остаются свободными, так как до сих пор ни одна страна не действует достаточно для предотвращения опасности изменения климата.

По оценкам 2019 г. возглавляют рейтинг Швеция (4 место), Марокко (5) и Литва (6). В группе стран со слабыми усилиями по защите климата разместились около половины стран G 20, включая такие страны как: Япония (49), Турция (50), Россия (52), Канада (54), Австралия (55) Китай (56), Корея (57), Соединенные Штаты (59), Саудовская Аравия (60). Среди стран ЕАЭС, включенных в рейтинг, наивысшую позицию занимает Беларусь – 29 место рейтинга (Россия – 52, Казахстан – 53) [4] (таблица 5).

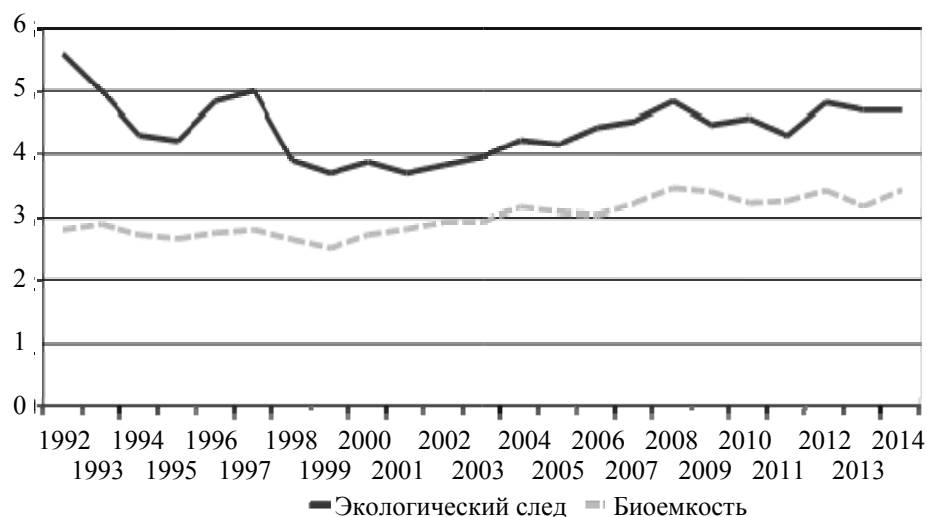
«Экологический след» (*TheEcologicalFootprint*) рассчитывается международной организацией WorldFootprintNetwork более чем по 200 странам. Данный показатель отражает площадь биологически продуктивной территории и акватории, необходимой для производства потребляемых человеком ресурсов и поглощения отходов; выступает отрицательным экологическим показателем. Другой показатель тесно связанный с экологическим следом – биоемкость (*Biocapacity*), представляет собой возможность биосферы Земли производить возобновляемые ресурсы и относится к положительным экологическим показателям. Величина данных показателей выражается в глобальных гектарах (гга), каждый из которых соответствует одному гектару биологически продуктивного пространства средней урожайности (например, 1 гектар пшеничных полей сопоставим с 2,1 глобального гектара; 1 га пастбищ – 0,5 гга; 1 га лесов – 1,4 гга; 1 га рыбоводческих территорий – 0,4 гга; 1 га застроенного пространства – 2,2 гга и т.д.) [5].

Таблица 5 – Рейтинг стран по эффективности усилий в сфере защиты климата

Рейтинг		Страны	Баллы
Очень высокий	1	х	х
	2	х	х
	3	х	х
Высокий	4	Швеция	76,28
	5	Марокко	70,48
	6	Литва	70,47
	7	Латвия	68,31
Средний	18	Украина	60,09
	29	Беларусь	53,31
	33	Китай	49,60
Низкий	41	Польша	47,59
Очень низкий	52	Россия	37,59
	53	Казахстан	36,47
	54	Канада	34,26
	59	США	18,82

Таким образом, экологический след – это ресурсы, необходимые для удовлетворения потребностей человечества (их спрос), а биоемкость – это возможности Земли создавать необходимые ресурсы (предложение). Данные показатели по отдельности не дают экологическую оценку, их необходимо применять комплексно в сопоставлении, что позволит установить является ли страна «экологическим должником» или «экологическим донором». Специалисты World Footprint Network, выявили почти прямую зависимость между экологическим следом и уровнем развития страны, следовательно, развитые страны обладают большим экономическим следом и наносят ими ущерб природе больше.

Экологический след среднего потребителя Беларуси (4,69 гга) более чем в 1,6 раза превышает соответствующий среднемировой показатель (2,84 гга), при этом страна имеет отрицательный экологический баланс, который имеет явную положительную тенденцию к повышению (рисунок 2).



Примечание. Рисунок составлен авторами по данным National Footprint Accounts, 2018

Рисунок 2 – Динамика показателей экологического следа и биоемкости в Республике Беларусь, глобальных гектар на душу населения

Таким образом, рассмотренные индикаторы и индексы являются общепризнанным методическим подходом по выявлению проблем и недостатков экологической политики на фоне других стран мира. Межстрановые сравнения не только дают объективную картину состояния потребления ресурсов, остроты экологических проблем, эффективности экологической

политики, но и позволяют выявить области, на которых необходимо акцентировать внимание для устранения отрицательных и усиления положительных факторов социально-экономического развития республики.

Список использованных источников

1. Конвенция о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды [Орхусская конвенция]. – Режим доступа: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/orhus.shtml. – Дата доступа: 10.04.2019.
2. 2018. Environmental Performance Index [Electronic resource]. – Mode of access: / <https://epi.envirocenter.yale.edu/downloads/epi2018policymakerssummaryv01.pdf>. – Date of access: 15.02.2018.
3. Regulatory Indicators for Sustainable Energy. ESMAP Report. Washington, DC: World Bank. 2018. – 140 p.
4. The Climate Change Performance Index. Result 2019 / Jan Burck, Ursula Hagen, Franziska Marten, Niklas Huhn, Christoph Bals. – Germanwatch, NewClimate Institute & Climate Action Network, 2019. – 24 p. – Mode of access: https://germanwatch.org/sites/germanwatch.org/files/CCPI2019_Results.pdf. – Date of access: 11.05.2019.
5. Belarus. Country Trends / Global Footprint Network. Mode of access: <http://data.footprint-network.org/#/countryTrends?cn=57&type=BCpc,EFCpc>. – Date of access: 11.05.2019.

УДК 330.15+502.173

А.В. Неверов, проф., д-р экон. наук,
БГТУ, г. Минск;
В.М. Яцухно, доц., канд. с.-х. наук,
БГУ, г. Минск

УЧЕТ ЦЕННОСТИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Среди приоритетных мер достижения целей устойчивого развития и перехода к «зеленой экономике», наряду с мерами по стимулированию социально-экономического роста и повышения благосостояния людей, является сохранение и восстановление природных экосистем, оценка, учет и использование предоставляемых ими экосистемных услуг. Под последними современной экономической наукой и практикой понимаются нерыночные материальные и нематериальные блага и выгоды, которые получает человечество от экосистем по обеспечению ими природных ресурсов, здоровой и комфортной среды обитания, регулирование природных процессов, поддержание устойчивости и охраны окружающей среды и др., которые дополняют экономическую ценность природного потенциала. В связи с этим в настоящее время становятся весьма актуальными и практически востребованными вопросы, связанные с управлением экосистемными услугами, а именно: их статистическим учетом, выполняемыми функциями, эколого-экономической оценкой, формированием рынка таких услуг, определение потенциальных продавцов и покупателей, а также реализацией механизмов и инструментов их компенсации.

Отсутствие показателей ценности всего комплекса предоставляемых экосистемных услуг (обеспечивающих, регулирующих, поддерживающих, культурных) приводит к заниженному отражению экологического ущерба, экстерналий издержек в цене. Известно, что при адекватном экономическом учете экологического фактора эффективность ресурсопользования заметно выше, чем при наращивании природоемкости экономики, что подтвердило развитие ряда стран в последние несколько десятилетий [1]. Преобладающее до настоящего времени мнение о поддержании техногенного природоемкого развития требует

все больших средств в природоэксплуатирующие комплексы и отрасли, функционирование которых нередко сопровождается истощением и деградацией природных комплексов и их отдельных компонентов. В свою очередь, это требует дополнительных затрат для поддержания на прежнем уровне объемов эксплуатации и добычи природных ресурсов. Необходимы иные, ресурсосберегающие пути экономического развития, в основу которых должен быть положен учет экологических факторов. На это нацеливает разработанная под эгидой ООН, ЮНЕП, МСОП, ФАО, Международного валютного фонда разработанная в 2005 г. программа «Оценка экосистем на пороге тысячелетия», в которой подчеркивается: «...современные знания и технологии способны существенно уменьшить воздействие человека на экосистемы. Однако их потенциал вряд ли можно будет использовать в полном объеме до тех пор, но экосистемные услуги не перестанут рассматривать как бесплатные и бесконечные, а их ценность не будет в полной мере приниматься во внимание» [2, стр. 6].

Это заключение существенно расширяет используемое до недавнего времени содержание понятия «природный капитал», который интерпретировался только как ресурсная категория, обладающая стоимостью, приведенной к мировым ценам на эти ресурсы. Сегодня все более осознается, что природный капитал включает в себя не только ресурсную составляющую, но и широкий спектр предоставляемых экосистемных услуг, необходимых не только на самоподдержание природных ресурсов, но и для антропогенно-устойчивого использования ресурсов на разных уровнях организации окружающей среды [3]. Задача сохранения потоков экосистемных услуг рассматривается в качестве базовой проблемы в общей концепции «зеленой экономики», нацеленной на социально-экономическое развитие, максимально гармонизированной с охраной природы и рациональным природопользованием [4].

К числу важнейших проблемных направлений, требующих раскрытия особенностей сохранения и использования предоставляемых экосистемных услуг следует отнести: 1) определение перечня выполняемых функций различными типами экосистем в природной среде и хозяйственной деятельности; 2) установление и разработку классификации основных категорий услуг, предоставляемых экосистемами; 3) идентификацию экосистем в разных пространственно-временных масштабах и их картографирование; 4) определение эколого-экономической ценности, в том числе стоимостной оценки выгод и благ, получаемых в процессе функционирования экосистем с последующей интеграцией их активов в систему национальных счетов и бухгалтерского учета. Следует признать, что к числу наиболее слабо разработанных вопросов относится последнее направление.

Несмотря на наличие множества разработанных подходов и методик, которые могли применяться при оценке экосистемных услуг, они не получили достаточно широкого применения [5]. Это обусловлено не только сложностью и комплексностью решаемой задачи, необходимостью учета этических и культурных аспектов, но и тем обстоятельством, что рассматриваемые услуги и их активы не являются предметами рыночного оборота. В этой связи должны быть реализованы и применены, в том числе нерыночные методы определения ценовых параметров.

Наибольшую известность получила оценка экосистем на основе общей экономической стоимости (total economic value), рекомендуемая Статистической комиссией ООН при ведении Системы экономических и экологических счетов (СЭЭС–12) [6]. Последняя выступает в качестве международнопризнанного метода учета природного капитала в рамках национальных счетов. СЭЭС–12 предполагает разработку оценок экосистемных услуг и включение счетов по экосистемам в качестве отдельного раздела. Так, Европейское экономическое агентство (the European Environment Agency) совместно с рядом партнерских институтов успешно развивает и тестирует методологию оценки экосистемных услуг и встраивания их в национальные счета.

Оценка экосистемных услуг базируется на концепции общей экономической ценности, объединяющей прямую стоимость использования экосистем, косвенную стоимость использования, потенциальную ценность, стоимость существования. Концепция представляет собой комплексный подход к оценке природы в целом, включая ресурсные экосистемные функции, регулирующие функции и культурологические услуги природы.

Формула общей экономической ценности может быть представлена в виде:

$$TEV = DV + IV + OV + EV,$$

где DV – прямая стоимость использования, IV – косвенная стоимость использования; OV – стоимость отложенной альтернативы (потенциальная ценность); EV – стоимость существования.

Преимуществом данной методики является то, что с помощью стоимостных показателей можно проследить экономические изменения в экоуслугах, т.е. выполнить анализ затрат и выгоды, получаемых от них на всех уровнях управления. В то же время недостаток данного подхода заключается в совместном использовании как аналитических методов расчета стоимостных показателей, так и методов, основанных на социологических исследованиях, что снижает точность оценок. Кроме того, к выраженным изъянам методик можно отнести использование простого суммирования стоимости и функций, и услуг экосистем, без учета того, что в реальности одна функция может обеспечивать предоставление нескольких экосистемных услуг, или того, что обеспечение одной услуги (функций) вне реализации другой невозможно. Так, услуга по очищению воды болотами обусловлена функцией депонирования углекислого газа. Депонирования углекислого газа, с одной стороны, выступает функцией, обеспечивающей предоставление обществу ряда экосистемных услуг (продуцированию кислорода, обеспечение прироста биомассы насаждений и др.), а с другой – одновременно является услугой по накоплению (консервации) углерода а течение длительного периода времени.

Кроме того, концепция «общей экономической оценки» страдает эклектикой, вбирая в себя экономически некорректное суммирование как выражение ценности природного ресурса (например, древесины, ягод, грибов и т.п.) и продуктов природы, добытых в результате человеческого труда и трансформированных в готовую для потребления продукцию (заготовленная древесина, заготовленные ягоды, грибы и т.п.). Его ограниченное использование для различных типов экосистем, необоснованность одновременного учета в оценке стоимости использования экосистемных услуг (прямой стоимости и косвенной одновременно, хотя иногда вместе их получить достаточно проблематично), стоимости неиспользования (отложенной альтернативы и существования). Последняя достаточно трудно поддается оценке, поэтому чаще всего исключается из расчетов. Тем более проблематичной представляется оценка возможных потерь (вреда), связанных с нарушением экологического равновесия и сокращением биоразнообразия, с учетом того, что некоторые виды экосистемных услуг и биоресурсов воспроизвести или заместить невозможно [7].

При выборе подхода к оценке экосистемных услуг речь должна идти не столько о создании экономических выгод для потребителей, сколько о необходимости удовлетворения нового вида человеческих потребностей – экологических, которые явились следствием возрастающей ограниченности экологических ресурсов. Непригодность подхода «затраты – выгоды» обусловлено ошибочностью, коммерческой антиэкологичностью самого концептуального взгляда на воспроизводство экосистемных услуг и сохранение биоразнообразия, связыванием данной социальной проблемы и необходимости ее решения в рамках некой «выгоды» или «невыгоды». Нарушение экологического равновесия или исчезновение вида – всегда социально невыгодно. Это аксиома, которая не требует доказательств.

Представляет интерес наличие других методик экономической оценки экосистемных услуг, определяющие спрос на благо или услугу в денежном выражении, т.е. как готовность потребителей платить за конкретную выгоду, так и готовность людей принять компенсацию за отказ от этого блага (таблица).

Как следует из приведенных выше методических подходов, они во многом пересекаются и дают возможность определить стоимостное выражение как экологическим затратам, так и представленным выгодам и установить их адекватную цену. По нашему мнению, реализация стоимостных отношений, формирующих экономическую ценность экологических ресурсов, выражает классическая теория земельной ренты и ее современная интерпретация – концепция воспроизводственной ренты. Согласно данной концепции, ключевой категорией,

выражающей экономическую ценность экосистемных услуг, является природный капитал, в котором экологический эффект учитывается с помощью пониженной нормы дисконта. Последняя используется при определении капитальной величины природной ренты.

Первенство категории «природный капитал» и производственный характер экологической (воспроизводственной) ренты еще раз подчеркивают превосходство целого над частью и тот факт, что простая сумма частей не есть целое. Альтернативным выражением экологического эффекта является потеря экономического эффекта, связанного с необходимостью сохранения качества природной среды и устойчивого продуцирования экосистем, поддержания условий дикой природы и т. п.

Данный методический подход был использован при подготовке технического нормативного правового акта (ТКП), посвященного механизму расчета стоимостной оценки экосистемных услуг и определения ценности биологического разнообразия применительно к природно-хозяйственным условиям Республики Беларусь [9].

В зависимости от целей стоимостной оценки экосистемных услуг и сферы применения ее результатов использовались два ее вида: интегральная стоимостная оценка и стоимостная ценность биоразнообразия применяемых для обоснования альтернативных вариантов их использования и поэлементная оценка, связанная с учетом ценности конкретных экосистем (лесных, луговых, болотных, водных). В упомянутом выше ТКП для детального расчета стоимости экосистемных услуг по четырем типам основным природным типом экосистем и отдельных функциональных их свойств (поглощение диоксида углерода, водоочистная и ассимиляционная способность) приводятся формулы, по которым определяется стоимость таких услуг. Ярким примером необходимости учета экосистемных услуг, определяющих степень эффективности использования или сохранения того или иного вида экосистем являются определение стоимости экосистемных услуг и биоразнообразия ландшафтного заказника «Ветеревичский» Пуховичского района Минской области площадью около 260,0 га.

Таблица – Сущность и содержание основных методик, применяемых при экономической оценке экосистемных услуг (по [8] с дополнением авторов)

Цель исследования	Алгоритм оценки	Преимущества	Недостатки
<i>Производственная функция (определение изменений в сфере производства)</i>			
Проследить влияние изменений в услугах, предоставленных экосистемой на производственные блага	Определяет ценность ресурсов и функций экосистем, не имеющих рынка, моделируя изменения экономических результатов в зависимости от вклада ресурсов и функций	Позволяет определить максимально возможный объем выпуска продукции при различных сочетаниях и объемах экоуслуг	Данные об изменениях качества экоуслуг, предоставляемых в сфере производства, часто отсутствуют, что приводит к уменьшению получаемой прибыли
<i>Затратные методы</i>			
Выявить затраты на подготовку и использование блага, экоуслуг	Подсчет затрат общества на поддержание и восстановление экоуслуг в достаточном объеме	Легче измерить затраты на поддержание экоуслуг, чем затраты на сами блага	Чем лучше по качеству экоуслуга, тем меньшую экономическую оценку она получит
<i>Стоимость замещения блага (экоуслуги)</i>			
Определить стоимость замещения утраченного блага, или экоуслуги	Предполагает определение расходов в текущих ценах на создание нового блага, являющегося по своим функциональным характеристикам аналогом оцениваемого блага	Предусматривает прямую замену блага и экоуслуг, не имеющих рыночной стоимости, на блага и экоуслугу, имеющих такую стоимость	Возможна переоценка фактической стоимости блага или экоуслуги
<i>Метод гедонистических цен</i>			
Проследить изменения стоимости объектов недвижимости с учетом их связи с экоуслугами	Получение оценки природного блага, экоуслуг исходя из разницы в ценах на объекты недвижимости	Позволяет определить, насколько стоимость недвижимости зависит от различных экоуслуг, а также определяет, сколько люди готовы заплатить за лучшие экоуслуги	Возможна информационная ошибка при анализе, эксперт может наблюдать не за равновесными ценами

Цель исследования	Алгоритм оценки	Преимущества	Недостатки
<i>Транспортно-путевые затраты (ТПЗ)</i>			
Сформировать кривую спроса на посещение рекреационной зоны на основании фактических ТПЗ	Определение стоимостных или временных затрат, связанных с посещением рекреационной зоны. При этом ценность благ будет определяться уплаченной суммой	Использование объективных данных о количестве посещений и стоимости проезда	Подход сложно использовать, если поездки осуществляются в несколько пунктов
<i>Субъективная оценка (СО)</i>			
Получить информацию с помощью опросов	Непосредственный опрос респондентов об их готовности платить за определенную экоуслугу	Используется при отсутствии потенциальных рынков оцениваемых экоуслуг	Полученные результаты зависят от уровня информированности опрашиваемых респондентов и их запросов
<i>Перенос полученных выгод в одних условиях для проведения оценки в других условиях</i>			
Провести оценку экоуслуг	Использование результатов оценки экоуслуг, полученных в одних условиях, для анализа других условий	Не требует больших расходов и затрат времени	Не все полученные результаты в одних условиях можно применить в других условиях
<i>Экосистемная природная рента</i>			
Получить дополнительный доход от использования благ (экоуслуги)	Определить разницу между предельными издержками на восстановление блага (услуги) для природопользователей, работающих с разными экосистемами	Экосистемную ренту можно получить, используя даже худшие по качеству экоуслуги	Недостаточно учитывается географическое расположение объектов (экоуслуг) и их региональные и локальные различия

Согласно расчетам интегральная оценка экосистемных услуг заказчика составила 65,4 тыс. долл. США, а с учетом коэффициента капитализации 0,001 – 64,41 тыс. долл. США, что в 6 раз превышает стоимость расположенной на его территории торфяной залежи [7]. Весьма востребованной является задача по учету потерь стоимости экосистем при проявлении процессов их загрязнения и деградации и установление размера нанесенного ущерба (вреда). Например, применительно к сельскохозяйственным землям, подверженным процессам водной и ветровой эрозии почв, учитывают лишь стоимость недобора урожая сельскохозяйственных культур, используя для ее определения затратно-ресурсный метод. Однако, почва, как природный компонент, одновременно выполняет ряд важных экологических функций, в процессе которых предоставляются ими ряд экосистемных услуг, приносящих выгоды. Их потери или уменьшение предоставляемых почвами экосистемных услуг при определении размера ущерба (вреда) практически не учитывается, что существенно сказывается на его стоимостном выражении. В этом контексте весьма актуальным, и не только применительно к почвенно-земельным ресурсам, но и другим видам экосистем, является замечание основателя научного почвоведения В.В. Докучаева, высказанное более 100 лет тому назад, что «...в основе оценки земли должны лежать сформированные многовековой эволюцией и в значительной степени устойчивые почвенные различия, слагающие оцениваемую территорию, а не хозяйственно-экономические следствия от их эксплуатации» [10, с. 23]. Так, рассчитанный нами размер ущерба от проявления водной эрозии почв сельскохозяйственных земель СПБ «Учхоз БГСХА» Горецкого района Могилевской области, выраженный величиной уменьшения чистого дохода при возделывании сельскохозяйственных культур составил в среднем 51,4 долл. США/га. С учетом потерь почвенных экосистемных услуг на эродированных землях (уменьшение содержания питательных веществ, нарушение водного режима, потеря твердой фазы почв, увеличение эмиссии органического углерода) размер ущерба увеличился до 134,6 долл. США/га, т.е. почти в 2,6 раза.

В заключение хотелось бы отметить, что в Республике Беларусь вопросы оценки экосистемных услуг, в том числе формирование ее методической базы, находится в начальном состоянии, что существенно сдерживает ее осуществление, не позволяет широко применять полученные результаты при решении практических вопросов. Определенная надежда

на улучшение положения существует в связи с принятыми обязательствами нашей страны по осуществлению Стратегии устойчивого развития до 2030 г. Так, согласно цели № 15 указанной Стратегии в ближайшее время планируется приступить к созданию и расширению перечня нормативных правовых и технических нормативных правовых актов, в которые будут включены вопросы оценки экосистемных услуг, стоимостной оценки биоразнообразия (пункт 15.9.1.1.). Реализация этих важных документов позволит заметно совершенствовать систему статистического учета и даст возможность осуществлять мониторинг эколого-экономической ценности природного капитала, а также использование ее результатов в процессе принятия управленческих решений, планирования и обоснования практических мероприятий по обеспечению устойчивого природопользования.

Список использованных источников

1. Дарбадаева Д.А., Романова Т.Г., Яковлева В.Б. Природный капитал в устойчивом развитии эколого-экономической системы. Изд-во Санкт-Петербургского государственного университета экономики и финансов. СПб., 2012. – 134 с.
2. Оценка экосистем на пороге тысячелетия. Экосистемы и благополучие человека: возможности и испытания для бизнеса и производства. Институт мировых ресурсов. Вашингтон, 2005. – 36 с.
3. Неверов А.В. Экономика природопользования: учебное пособие для студентов специальности 1-570101 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов». – БГТУ, Минск, 2008. – 538 с.
4. Окружающая среда Европы: состояние и перспективы 2015 // Обобщающий доклад. Европейское агентство по окружающей среде. Копенгаген (Дания), 2015. – 208 с.
5. Theeconomicofecosystemsandbiodiversity. Ecological and Economic Foundation. Rutledge Abingdon, UK, 2010. – 410 p.
6. System of environmental – economic accounting 2012. Central framework, UN, NY, 2014. – 347 p.
7. Неверов А.В., Варапаева О.А. Стоимостная оценка экосистемных услуг и биологического разнообразия. Труды БГТУ, Экономика и управление, № 7 (163), Минск, 2013. – С. 95–100.
8. Михаленко П.В. Экономический компенсационный механизм экосистемных услуг: дисс. к-т эконом. наук: 08.00.05, М., 2008. – 204 с.
9. ТКП 17.02–10–2012 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Правила охраны природы и природопользования. Порядок расчета стоимостной ценности биологического разнообразия. Утвержден и введен в действие 15.03.2013. Минприроды, Минск, 2013. – 18 с.
10. Докучаев В.В. К вопросу о переоценке земель Европейской и Азиатской России с классификацией почв. Печ. А.И. Снегиревой, М., 1898. – 121 с.
11. Яцухно В.М., Бачила С.С., Тишкович О.В. Значение и повышение роли почв при эколого-экономической оценке земель АПК. Материалы Международной научно-практической конференции “Приемы повышения плодородия почв и эффективность удобрений”. Изд-во БГСХА, Горки, 2018. – С. 110–115.

УДК 504.064.2

М. А. Ересько, канд. геогр. наук; В. М. Бурак, канд. геол.-минер. наук
РУП «Бел НИЦ «Экология»

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАРУШЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ В МЕСТАХ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Как показывает практика, в процессе осуществления добычных работ и по их завершении зачастую выявляются антропогенные и природные условия, не предусмотренные в проектах рекультивации горных выработок (карьеров).

Действующие нормы права, регулирующие процедуру рекультивации территорий, содержатся в природоресурсных кодексах и законах [1–3], подзаконных нормативных правовых актах [4, 5], а также технических нормативных правовых актах [6–9]. Однако ни одна из действующих норм не содержит четких критериев выбора направления рекультивации, возможности сочетания нескольких направлений рекультивации и восстановления нарушенных экосистем.

Даже для не крупных горных выработок зачастую простое обводнение и/или залесение территории не означает выбор оптимального подхода рекультивации территории и восстановления нарушенных экосистем, дальнейшего их использования. Вот почему уже на начальном этапе восстановления нарушенных экосистем необходимо аккумулировать всю имеющуюся информацию по объекту исследования, его гидрогеологических, гидрологических, ландшафтно-геохимических, орографических условиях. При этом, необходимо осуществить уточнение и обновление исходных данных посредством проведения натурных исследований экологического состояния почв, вод (подземных и поверхностных, при их наличии), степень преобразования рельефа, почвенного и растительного покрова, ландшафтов в целом. Анализ такой взаимосвязанной совокупной информации позволит установить облик экосистемы, направленность и динамичность ее видоизменения, что, в итоге, определит направления использования рассматриваемой территории в краткосрочном и долгосрочном периодах.

Оценку перспективности хозяйственного использования территории необходимо осуществлять по комплексу критериев в сочетании с целесообразностью получения наиболее экономически обоснованного результата от хозяйственного использования.

Практика проведения горных (карьерных) выработок показала, что гидрогеологические условия таких территорий наименее подвержены изменениям. Тем не менее, глубина залегания подземных вод в сочетании с горными породами разного состава являются одним из определяющих факторов формирования ландшафтов разных типов и корректируют направленность и интенсивность почвообразующих процессов. Тесная гидродинамическая связь поверхностных и подземных вод определяет необходимость «абсолютной отметки уровня поверхностных вод» в качестве критерия наряду с критерием «абсолютная отметка уровня подземных вод» для учета при моделировании комплексного функционального использования нарушенных территорий.

Для реализации направления по размещению на восстанавливаемых территориях садоводческих товариществ и дачных кооперативов основополагающими являются геологические (70–80 % степень восстановления стратиграфии горных пород) и гидрологические (стабилизация уровня подземных вод на глубине 3–5 м) критерии в сочетании с показателями гранулометрического состава почв (дерново-суглинистых), содержания гумуса (около 4 %), что определяет повышенную буферность почв к загрязняющим веществам.

Сельскохозяйственное использование территории перспективно на выровненных участках (при вертикальном расчленении до 5 м/км² площадью не менее 2 га с наиболее плодородными почвами (дерново-подзолистые на легких лессовидных суглинках) в качестве пахотных угодий или в качестве луговых земель при вертикальном расчленении 5–10 м/км² с развитыми полугидроморфными почвами).

Лесохозяйственное использование восстанавливаемой территории регламентировано не только качественными характеристиками почв, но и особенностями рельефа ввиду ограничения по крутизне и форме склонов для успешного закрепления и произрастания деревьев и кустарников. Перспективными являются неоднородные пологволнитые участки с вертикальным расчленением 10–25 м/км². В качестве оптимальных почв являются супесчаные и суглинистые, с содержанием гумуса 2,5–3,0 %.

Для водо- и рыбохозяйственного использования территории первостепенное значение имеют качественные характеристики подземных вод (химический состав, минерализация, динамика уровня), а также поверхностных вод (скорость течения водотоков, проточность водоемов). Важное значение имеет буферная способность почв, влияющая на возможность вторичного загрязнения, в том числе эвтрофикация озер.

Природоохранное и рекреационное использование территории может быть реализовано на участках, характеризующихся уникальностью и неповторимостью сочетания природных компонентов, наиболее подходящих для сохранения биоразнообразия, а также других целей.

Проведенные в 2017–2018 гг. исследования нарушенных экосистем в местах добычи полезных ископаемых, характеризующихся значительной глубиной горной выработки. На территории Беларуси позволили пометить направления комплексного или однозначного функционального использования освобождаемых территорий на краткосрочный и долгосрочный периоды.

В качестве основополагающих (базовых) были использованы следующие критерии: «абсолютная отметка уровня подземных вод», «абсолютная отметка уровня поверхностных вод», «густота и глубина расчленения», «крутизна склонов», «интенсивность развития геологических процессов», отражающие гидрогеологические, гидрологические, ландшафтно-геохимические и другие условия территории и определяющие альтернативы возможных видов хозяйственной деятельности на действующих и выработанных объектах. Так, обводненные участки выработанного карьера «Руба» ОАО «Доломит» представляет интерес в краткосрочной перспективе для реализации рекреационного направления. Результаты моделирования территории на долгосрочную перспективу возможного повышения уровня воды в зоне расположения карьера «Гралево» ОАО «Доломит» выявили приоритетность водохозяйственного и рыбохозяйственного направлений использования. одновременно, лесохозяйственное направление использования территории целесообразно реализовывать на восточном побережье будущего водохранилища, обустроенного на месте карьера «Гралево».

Комплексный подход восстановления нарушенных экосистем в местах добычи полезных ископаемых нами были опробованы и на карьерных объектах КУП «Минскоблдорстрой» с относительно небольшой глубиной выработки. Так, результаты исследований по объекту «Месторождение гравийно-песчаной смеси и песков «Дявги» и объекту «Месторождение гравийно-песчаной смеси и песков «Валерьяны» на основе указанных выше критериев позволили определить, что оптимальным направлением рекультивации и восстановления нарушенных экосистем указанных объектов является лесохозяйственное.

Резюмируя, можно утверждать, что практическая реализация мотивированного комплексного восстановления экосистем в местах добычи полезных ископаемых позволит максимально экономически и экологически эффективно возвращать нарушенные территории в хозяйственный оборот Беларуси.

Список использованных источников

1. Об охране окружающей среды: Закон Республики Беларусь, 26 ноября 1992 г., № 1982-ХІІ: В ред. Закона Республики Беларусь от 31.12.2017 г. // ИПС «Эталон» [Электронный ресурс]. / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

2. Кодекс Республики Беларусь «О земле»: принят Палатой представителей 17 июня 2008 г.: одобр. Советом Респ. 28 июня 2008 г.: в ред. Закона Респ. Беларусь от 24.10.2016 г. // ИПС «Эталон» [Электронный ресурс]. / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

3. Кодекс Республики Беларусь «О недрах»: принят Палатой представителей 10 июня 2008 г.: одобр. Советом Респ. 20 июня 2008 г.: в ред. Закона Респ. Беларусь от 18.07.2016 г. // ИПС «Эталон» [Электронный ресурс]. / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

4. Положение о рекультивации земель, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых и торфа, проведении геологоразведочных, строительных и других работ: Приказ Государственного комитета по земельным ресурсам, геодезии и картографии Республики Беларусь, 25 апреля 1997 г., № 22 // ИПС «Эталон» [Электронный ресурс]. / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

5. Положение о порядке передачи рекультивированных земель землевладельцам, землепользователям субъектами хозяйствования, разрабатывающими месторождения полезных

ископаемых и торфа, а также проводящими геологоразведочные, изыскательские, строительные и иные работы, связанные с нарушением почвенного покрова: Приказ Государственного комитета по земельным ресурсам, геодезии и картографии Республики Беларусь, 25 апреля 1997 г., № 22 // ИПС «Эталон» [Электронный ресурс]. / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

6. Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения: ГОСТ 17.5.1.01-83. – Введ. 01.07.1984. – Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2019. – 12 с.

7. Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель: ГОСТ 17.5.3.04-83. – Введ. 01.07.1984. – Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2019. – 16 с.

8. Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации: ГОСТ 17.5.1.02-85. – Введ. 01.01.1986. – Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2019. – 20 с.

9. Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности: ЭкоНиП 17.01.06-001-2017. – Введ. 01.10.2017. – Минск: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 2019. – 188 с.

УДК 630*892.5:634.733

И.В. Бордок, канд. сель.-хоз. наук;
И.В. Маховик, науч. сотр., Т.Р. Моисеева, науч. сотр.
Институт леса НАН Беларуси, г. Гомель

ПОЛИМОРФНОСТЬ БРУСНИЧНЫХ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЭКОСИСТЕМ БЕЛАРУСИ

В лесах Беларуси сосредоточены значительные ресурсы дикорастущих ягодных растений, в первую очередь, черники обыкновенной (*Vaccinium myrtillus* L.), голубики топяной (*Vaccinium uliginosum* L.) и брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.), которые имеют важное пищевое, лекарственное и кормовое значение, играют неопределимую роль в формировании и поддержании биологической устойчивости лесных фитоценозов, обладают способностью к вегетативному и семенному размножению, чем привлекательны как перспективные виды для введения в культуру, играют существенную роль в экспортном сегменте экономики. Кроме того, лесные дикорастущие ягоды служат превосходным сырьем для изготовления медицинских препаратов на основе природных компонентов.

В последние десятилетия на фоне изменения климата на глобальном и региональном уровне, отмечено резкое сокращение ресурсного потенциала перечисленных выше дикорастущих ягодных растений и снижение их урожайности, что связано, в первую очередь, с аномальными природными явлениями и возрастанием антропогенной нагрузки на лесные экосистемы: рубки леса, в том числе участков, поврежденных короедным усыханием, лесовосстановление, лесные пожары, радиоактивное загрязнение, последствия осушительной мелиорации и выработка торфяников, заготовка ягод в нарушение законодательных норм и правил. В результате этого, если в отношении черники ситуация с заготовкой ягод имеет некоторую стабильность, то объемы заготовки брусники снизились за последние 20 лет почти в 10 раз, а промышленные заготовки голубики топяной вовсе не проводятся.

Целью наших исследований явилось изучение формового разнообразия хозяйственно ценных видов дикорастущих ягодных растений болотных и лесных экосистем Беларуси. Работа выполнялась в 2016–2018 гг. в рамках задания «Научные основы введения в культуру перспективных видов и форм брусничных» государственной программы научных исследований «Природопользование и экология». В качестве методической основы изучения

полиморфизма дикорастущих ягодников были приняты опубликованные работы белорусских ученых В.В. Гримашевича [1], В.Б. Гедых [2], Е.Л. Таращук [3], относящиеся к концу XX столетия, ряд обобщающих работ российских ученых, адаптированные к направлению нашего исследования.

В лесных и болотных экосистемах на землях лесного фонда трех геоботанических подзон Беларуси – дубово-темнохвойных лесов, грабово-дубово-темнохвойных лесов и подзоне широколиственно-сосновых лесов нами выполнены геоботанические описания растительных сообществ с высоким проективным покрытием дикорастущих ягодников, которые свидетельствуют о достаточно широком диапазоне экологических условий их произрастания: от спелых сосновых древостоев с высокой полнотой древостоя (0,7-0,8) до верховых осоковых и осоково-сфагновых болот. Исследования касались морфологических, биологических и эколого-фитоценологических особенностей перечисленных выше видов с учетом их полиморфности.

В ходе работы отбирали наиболее характерные участки произрастания ягодников (для голубики топяной – А₄₋₅, В₄₋₅; брусники обыкновенной – А₃₋₄, В₃₋₄; черники обыкновенной – А₂₋₅, В₂₋₅, С₂₋₅). Кроме того, ввиду широкой экологической амплитуды произрастания большинства изучаемых видов (например, брусника встречается в сосновых насаждениях в диапазоне от лишайникового типа до верховых болот), особое внимание уделяли отдельным хорошо развивающимся экологически изолированным популяциям ягодников в нетипичных условиях. К примеру, брусника на закрайках верховых болот; черника – в сильно разреженных насаждениях, на опушках и вырубках.

На подобранных выделах намечали маршрутные ходы с таким расчетом, чтобы равномерно охватить всю его площадь. На обозначенных маршрутных ходах в период плодоношения изучены морфологические (габитус, характеристика цветков, соцветий, плодов и т.д.), биологические (продуктивность, наличие повреждений заморозками, болезнями и вредителями), фенологические (ранне-, и позднеспелость, одновременность созревания), другие признаки. Одновременно произведены геоботанические и таксационные описания условий произрастания общепринятыми в лесоведении и фитоценологии методами, с помощью глобальной системы позиционирования (GPS) зафиксированы географические координаты мест отбора образцов для коллекции.

На основании данных натурного обследования отличимыми признаками форм установлены: для черники обыкновенной – форма верхушки листа, цвет ягоды, количество ягод в соцветии и форма ягоды; для голубики топяной – габитус растения и форма ягоды; для брусники обыкновенной – форма верхушки листа, цвет ягоды, количество ягод в кисти и форма ягоды.

Большинство выявленных нами формоотличительных признаков и их проявлений описано для черники обыкновенной в литературе. Исключение составляет грушевидная форма ягоды, выделенная у брусники обыкновенной, видов клюквы болотной и голубики топяной.

Для черники обыкновенной в качестве не количественного, а именно качественного признака использовано число ягод (цветков) в соцветии, поскольку у данного вида, по нашим наблюдениям, оно выступает как постоянная величина для отдельных клонов, а не случайная для разных побегов на одном растении. Данный признак может иметь большое значение для селекционной работы с исследуемым видом. Следует отметить, что такие растения обнаружены нами на 40 % объектов, а их доля в общем количестве по ценопопуляциям не превышала 28 %.

Обнаруженные растения черноплодной формы черники полностью соответствуют описанию В.Ф. Буткуса и Э.И. Стацкявичене [4] для территории Литвы, сопредельной с нашим районом исследований. Проведенный статистический анализ (с использованием парного *t*-критерия Стьюдента) морфометрических показателей черники типичной и черноплодной формы в ценопопуляциях, не выявил достоверной разницы между формами по высоте растений, размерам листьев и ягод, что также согласуется с литературными данными.

Обобщенный анализ полученных данных, свидетельствует о низком разнообразии форм черники обыкновенной отдельно взятых биоценозов. Так, по цвету ягоды и количеству

цветков (ягод) в соцветии, большинство объектов вовсе являются однородными, наибольший полиморфизм отмечен лишь по форме ягоды. Для средневозрастных и приспевающих насаждений такая картина хорошо согласуется с литературными данными по формированию клоновых куртин черники диаметром 6–8 м за счет интенсивного роста подземных ползучих побегов. Таким образом, в пределах 50-ти метровой трансекты оказывается относительно небольшое число уникальных генотипов. Несколько более выраженная изменчивость морфометрических параметров вегетативных органов черники по сравнению с изменчивостью линейных параметров ягод обусловлена более узкими возрастными рамками плодоношения (4-7 летние) относительно общей продолжительности жизни куста.

В ходе исследования в Дзержинском лесничестве Милошевичского лесхоза нами выявлены куртины белоягодной формы черники обыкновенной, уникальной для экологических условий страны, при этом по другим морфометрическим характеристикам эта форма достоверно не отличается от типичной.

Общеизвестно, что черника, не перенося прямого солнечного освещения, в течение 2–3 лет после рубки главного пользования, практически полностью исчезает, и в следующем цикле лесовыращивания начинает освоение формирующегося насаждения с новых семенных растений, доля которых значительно возрастает при повреждении подстилки. Это ее экологическое свойство существенно ограничивает возможности плантационного выращивания. В тоже время в Подольском лесничестве Островецкого лесхоза, на опушке приспевающего соснового насаждения, нами обнаружена плодоносящая световыносливая черничная заросль с высоким (более 30 %) проективным покрытием и средней высотой ягодника не менее 20 см.

Для подтверждения формовой структура черники обыкновенной приводим результаты обследованных естественных популяций вида в подзоне грабово-дубово-темнохвойных лесов, которые представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Формовая структура естественных популяций черники обыкновенной подзоны грабово-дубово-темнохвойных лесов

Шифр объекта	Доля отобранных форм, %											
	по форме верхушки листа		по цвету ягоды		по количеству ягод в соцветии		по форме ягоды					
	островершинная	туловвершинная	синевато-черная с сизым налетом	черная без воскового налета	1	2	группевидная	овальная	плоскоокруглая	шаровидная	шаровидная ребристая	яйцевидная
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20	48	52	100	0	100	0	12	0	24	48	0	16
21	36	64	100	0	100	0	4	12	12	48	0	24
22	36	64	100	0	100	0	20	0	0	16	0	64
23	16	84	100	0	100	0	24	0	20	24	0	32
24	52	48	100	0	100	0	20	0	16	40	0	24
25	32	68	100	0	84	16	4	0	16	32	16	32
26	52	48	100	0	100	0	4	0	28	52	0	16
27	20	80	76	24	100	0	16	0	8	68	0	8
28	40	60	100	0	72	28	0	0	28	64	0	8
29	56	44	100	0	96	4	0	0	20	48	0	32
30	44	56	100	0	88	12	0	0	32	36	0	32
31	44	56	100	0	100	0	0	0	32	28	0	40

Анализ данных таблицы 1 свидетельствует о низком разнообразии форм черники обыкновенной отдельно взятых биоценозов. Так по цвету ягоды и количеству цветков (ягод) в соцветии большинство объектов вовсе являются однородными, наибольший полиморфизм

отмечен лишь по форме ягоды. Для приспевающих и спелых насаждений такая картина хорошо согласуется с нашими наблюдениями в подзоне дубово-темнохвойных по формированию клоновых куртин черники диаметром 6–8 м за счет интенсивного роста подземных ползучих побегов. Таким образом, в пределах 50-метровых трансекты оказывается не большое число уникальных генотипов.

Обобщая полученные сведения при рассмотрении полиморфизма черники обыкновенной по подзонам лесорастительного районирования Беларуси, как доли проявлений признаков на отдельных трансектах от общего количества признаков, наблюдается статистически достоверное (по *t*-критерию Стьюдента) увеличение разнообразия по линии с севера на юг (подзона дубово-темнохвойных лесов – $48,98 \pm 4,92$ %, грабово-дубово-темнохвойных лесов – $58,33 \pm 5,92$ %, подзона широколиственно-сосновых лесов – $70,71 \pm 5,27$ %).

Комплекс морфометрических признаков, характеризующих отдельные растения голубики топяной, как и любого другого вида, включает себе качественные, псевдокачественные и количественные признаки. Установлено, что большинство количественных параметров растений голубики топяной подвержены изменчивости в широком диапазоне и эта изменчивость детерминирована, прежде всего, значениями ведущих экологических факторов. Такие признаки не наследуются, а также не позволяют выделить формы голубики топяной из естественных популяций.

Рассматривая полиморфизм голубики топяной в целом в контексте лесорастительного районирования, нужно отметить, что статистически достоверно (на 95 % уровне значимости) отличается от остальных существенным увеличением разнообразия лишь самая южная – подзона широколиственно-сосновых лесов. Анализ данных о формовой структуре естественных популяций голубики топяной, показывает, что наиболее типичной формой ягоды, обнаруженной на всех обследованных объектах, является округлая, а самыми редкими – продолговатая и цилиндрическая. Несмотря на то, что в целом голубика топяная имеет крайне широкий диапазон изменчивости по форме ягоды, отдельные ее ценопопуляции содержат, зачастую, не более половины имеющихся вариантов.

Нами выявлено, что большинство морфометрических параметров отдельных растений голубики топяной в естественных условиях произрастания подвержены изменчивости в широком диапазоне. Наиболее четко различимыми, которые позволяют выделить формы, оказались габитус растения (условно стелящийся, приподнимающийся (переходная форма), прямостоячий), цвет (синий с восковым налетом, белый) и форма ягоды (округлая (шаровидная), грушевидная, округлая ребристая, округло-коническая (яйцевидная), обратно округло-коническая, плоскоокруглая (дисковидная), плоскоокруглая ребристая, цилиндрическая, цилиндрическая ребристая, продолговатая).

Наиболее типичной формой ягоды, обнаруженной на всех обследованных объектах, является округлая, самой редкой – цилиндрическая. Рассматривая формовое разнообразие голубики топяной отдельных географически изолированных болотных экосистем в границах изучаемых объектов, нужно отметить однородность ее популяций по форме ягоды – от 2 до 4 форм, произрастающих довольно плотными группами. Такой характер распределения хорошо согласуется с данными о низкой грунтовой всхожести семян голубики топяной и преимущественно вегетативном размножении ее в условиях Беларуси. В то же время для подзоны грабово-дубово-темнохвойных лесов нужно отметить значительное увеличение их полиморфизма по форме ягоды (от 4 до 7 форм) по сравнению с Белорусским Поозерьем (2–4 формы).

Особый интерес в части оценки биологического разнообразия представляет уникальная для Беларуси белоплодная форма голубики топяной, выявленная в конце 80-х годов прошлого столетия в болотных экосистемах Осиповичского лесхоза [5]. По причине пройденных в этих лесах и болотах пожаров к настоящему времени эта разновидность исчезла из природных популяций. И только благодаря усилиям ученых Института леса, сохранивших несколько особей в коллекционном фонде, в настоящее время проводится активная работа по восстановлению ее в местах прежнего обитания и введения вида в культуру. Сегодня

белоплодной формой голубики владеют уже три лесхоза Гомельского и Могилевского ГПЛХО. Приказом Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений белоплодная голубика получила статус сорта с выдачей свидетельства и регистрацией в госреестре.

Необходимо констатировать относительную стабильность формовой структуры популяций голубики: на нее не повлияла, как смена типа формаций (лес-болото), так и изменение трофотопы (бор (А) – суборь (В), либо гигротопы (влажный (3) – сырой (4) – болото (5)). Также слабо влияет на разнообразие голубичников возраст и полнота насаждений.

Для наглядности формового разнообразия голубики топяной авторы сочли необходимым представить структуру ее естественных популяций обследованных в подзоне широколиственно-сосновых лесов (таблица 2).

Таблица 2 – Формовая структура естественных популяций голубики топяной подзоны широколиственно-сосновых лесов

Признак	Проявление	Шифр объекта					
		56	57	58	59	60	61
		встречаемость, %					
Габитус растения	стелящиеся	32	52	20	36	44	56
	приподнимающиеся	68	32	60	48	44	44
	прямостоячие	0	16	20	16	12	0
Форма ягоды	грушевидная	8	12	12	16	4	12
	обратно округло-коническая	0	0	4	4	0	0
	овальная	40	20	12	20	16	24
	округлая	32	40	44	12	24	48
	округлая ребристая	4	0	0	4	4	0
	округло-коническая	16	24	24	44	40	8
	округло-коническая ребристая	0	4	4	0	0	0
	плоскоокруглая	0	0	0	0	4	0
	продолговатая	0	0	0	0	0	4
цилиндрическая	0	0	0	0	8	4	

Из анализа данных формовой структуры естественных популяций голубики топяной в подзоне широколиственно-сосновых лесов, приведенных в таблице 2, следует, что наиболее типичной формой ягоды, обнаруженной на всех обследованных объектах, является базовая – округлая, довольно высокой встречаемостью отличаются также грушевидная и овальная, а самыми редкими – продолговатая и плоскоокруглая. Обращает на себя внимание факт снижения в исследуемом регионе встречаемости растений с прямостоячим габитусом.

Важнейшими отличимыми признаками у брусники обыкновенной в обследованных фитоценозах выступали форма верхушки листа (островершинная и туповершинная), цвет ягоды (бело-бордовый, бело-розовый, бордовый, красно-бордовый, красно-розовый, красный, розово-бордовый, розовый, темно бордовый, темно красный и ярко красный), количество ягод в кисти (отсутствует генеративный побег, 1-3, 4-6, 7 и более штук) и форма ягоды (округлая (шаровидная), плоскоокруглая (дисковидная) и ребристая).

В целом, набор признаков и их проявлений согласуется с ранее приводимыми исследованиями и аналогичными рядами близкородственных видов (черники обыкновенной и голубики топяной) рассмотренными выше. Исключение составляет форма брусники обыкновенной с нетипичным расположением ягод в пазухах листьев на вегетативном побеге, а не собранных в кисть на генеративном побеге. В доступной нам литературе описание такой формы не встречалось, впервые она описана нами в Селявщинском лесничестве Россонского лесхоза в 2016 году.

Формовая структура обследованных естественных популяций брусники обыкновенной имеет аналогичные тенденции, отмеченные для черники обыкновенной и голубики топяной. Несмотря на увеличившееся общее число вариантов окраски ягоды при рассмотрении отдельных ценопопуляций количество выявляемых форм остается небольшим. Для иллюстрации полиморфности брусники обыкновенной по форме ягоды мы сочли необходимым представить ее для подзоны широколиственно-сосновых лесов (рисунок).

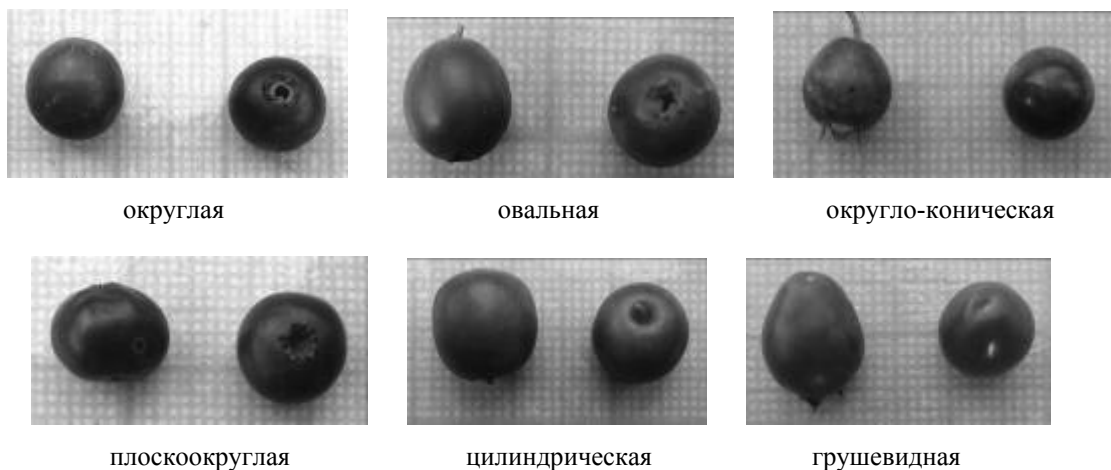


Рисунок – Формы ягод брусники обыкновенной подзоны широколиственно-сосновых лесов

При явном сходстве экологических стратегий формирования и развития ценопопуляций брусники и черники, основанном на общих морфолого-биологических особенностях (преимущественно вегетативное размножение подземными стелящимися побегами, малый процент генеративного размножения), имеется и важное отличие. Если черника, не перенося прямого солнечного освещения в течение 2–3 лет после рубки главного пользования, практически полностью отмирает и с новым циклом лесовыращивания начинает освоение формирующегося насаждения с новых семенных растений (доля которых значительно возрастает при повреждении подстилки), то брусника наоборот прекрасно чувствует себя на вырубках и опушках. Поэтому в насаждениях низких классов возраста главной породы формовое разнообразие этого вида возрастает.

Таким образом, исследования, выполненные в рамках ГПНИ «Природопользование и экология», позволили выявить наиболее типичные для лесных и болотных экосистем дикорастущей флоры формы ягодников, оценить их продуктивность, что позволит наметить пути и способы рационального использования, воспроизводства и охраны естественных зарослей ягодных растений Беларуси, развернуть работу, направленную на сохранение и преумножение богатств наших лесов и болот.

Список использованных источников

1. Гримашевич В.В. Голубика (*Vaccinium uliginosum* L.) в Полесье и мероприятия по повышению ее продуктивности: дис. ... к-т с.-х. наук: 06.03.03 / В.В. Гримашевич. – Минск, 1986. – С. 50–63.
2. Гедых В.Б. Дикорастущие брусничные в условиях Беларуси // Под ред. акад. НАН Беларуси В.А. Ипатьева. – Гомель: Институт леса НАН Б, 2002. – 412 с.
3. Тарашук Е.Л. Выделение хозяйственно-ценных форм брусники в Белоруссии и испытание их в условиях культуры / Е.Л. Тарашук // Плантационное выращивание грибов и ягод. Доклады совещания семинара (БелНИИЛХ, 13–14 октября 1987 г.). – Гомель: БелНИИЛХ, 1988. – С. 49–55.
4. Буткус В.Ф. Внутривидовая изменчивость *Vaccinium myrtillus* L. в Литовской ССР / В.Ф. Буткус, Э.И. Стацкявичене // Растительные ресурсы. – 1987. – Т. XXIII. – Вып. 3. – С. 333–345.
5. Волчков В.Е. Белоплодные голубика и черника в Беларуси / В.Е. Волчков, В.В. Гримашевич // Достижения и перспективы в области инвентаризации, изучения, рационального освоения и охраны недревесных лесных ресурсов на территории Европейской части СССР. Тез. докл. науч.-произв. конф. (19–21 августа 1986 г.). – Тарту: ЭстНИИЛХОП, 1986. – С. 38–39.

ЗАДАЧИ ЗАЩИТНОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ НА ЭРОЗИОННООПАСНЫХ ЗЕМЛЯХ В АГРОЛАНДШАФТАХ БЕЛАРУСИ

Основными видами и формами (более 20) деградации земель в Беларуси являются: водная и ветровая эрозия; минерализация органического вещества торфа в результате интенсивного сельхозпользования осушенных торфяных и торфяно-болотных земель; пожары на осушенных торфяниках и землях лесного фонда. В результате деградации торфяного слоя сохранились лишь 842,3 тыс. га осушенных торфяных почв, остальные утратили генетические признаки торфяных и перешли в категорию антропогеннодеградированных – с содержанием органического вещества менее 50%.

По данным Национальной академии наук Беларуси, эрозия земель происходит практически во всех регионах страны с различным долевым участием на общей площади более чем 0,5 млн. га, а дефляционные процессы характерны для 30% пахотных земель, в основном, Белорусского Полесья (рисунок 1). На этой площади почвы частично или полностью утратили биологическую и экологическую продуктивность. С каждого гектара пашни потери от эрозии составляют ежегодно 16–18 т твердой фазы, что на 28–45% превышает предельно допустимый уровень (ПДУ). При этом урожайность сельскохозяйственных культур и трав на эродированных землях снижается на 5–60% [1].

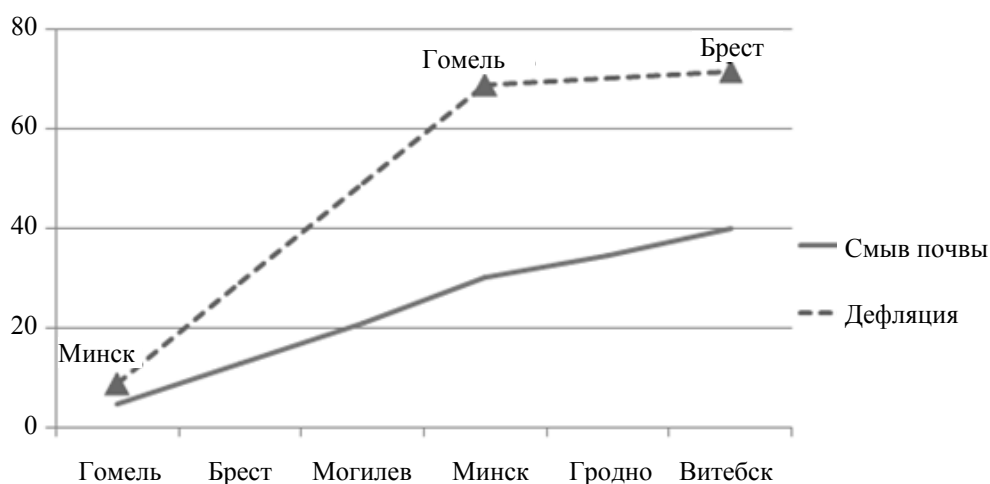


Рисунок 1 – Потенциально возможный смыв почв и дефляция по областным регионам страны

В предотвращении деградации почвенного плодородия и достижении устойчивого землепользования, наряду с организацией территории в дефляционноопасных и эродированных агроландшафтах, значимая роль принадлежит лесной мелиорации. Поэтому, развитие объектов защитного лесоразведения имеет важное значение для почвенно-экологических провинций (ПЭП) Беларуси.

Агроландшафт рассматривался как системный объект, где все его части (природные комплексы, защитные лесные насаждения (ЗЛН), сельскохозяйственные угодья) взаимосвязаны и представляют вместе взятые природно-антропогенную сельскохозяйственную геосистему как единое целое. Основным методом исследований был экспедиционный с натурным обследованием ЗЛН и происходящих эрозионных процессов.

Районы с наибольшей интенсивностью проявления водно-эрозионных процессов (больше 10% в составе пашни) и с высокой и очень высокой дефляционной опасностью обследовали ПЭП Беларуси [2].

Вначале подбирали отдельные ключевые или модельные хозяйства (ОАО, СПК, КСУП и др.) как объекты исследований с наличием более или менее законченной системы ЗЛН в сравнении с хозяйствами, имеющими значительно более низкий процент лесистости территорий (контрольные).

Ключевые хозяйства были достаточно типичными для ПЭП Беларуси и отличались от контрольных, преимущественно наличием ЗЛН при прочих одинаковых или близких условиях по климату, почвенному и растительному покрову, системам земледелия и т.п. Границами ключевых участков служили естественные природные рубежи с разной степенью защитной лесистости.

Одновременно анализировали показатели лесистости и защитной лесистости как в районах с высокой дефляционной опасностью и интенсивным проявлением водно-эрозионных процессов, так и в малолесных районах в ПЭП Беларуси на предмет установления связи с количеством эродированных почв.

Подбор объектов защитных насаждений проводили в условиях осушенных торфяно-болотных и минеральных почв разного плодородия, включая районы с наибольшей степенью проявления водной и ветровой эрозии, а также используя данные литературных источников. При характеристике объектов ЗЛН (поле-, садо-, овражно-балочных и др.) все они исследовались с точки зрения функциональной принадлежности с учетом методических указаний по агролесомелиоративному устройству ЗЛН [3]. Оценка санитарного состояния ЗЛН устанавливалась с учетом состояния каждого дерева на пробной площади на основании категорий деревьев хвойных и лиственных пород [4].

Оптимизация деятельности по природовосстановительным и природоохраным мероприятиям, несмотря на порой комплексное их взаимоувязывание, требует в настоящее время хозяйствования в соответствии с условиями ландшафтов, состоянием ЗЛН и закономерностями экологии, т. е. предотвращении причин тех или иных кризисных явлений в окружающей среде, а не их последствий.

Принятые в разное время государственные программы включали планы создания ЗЛН. Различные виды защитных насаждений (поле-садозащитные, противозрозионные, прибалочные, приовражные и др.) создавались в период (1960–1990 гг.) крупномасштабного осушения белорусских болот, борьбы с водной и ветровой эрозией почв и развития промышленного садоводства, притом в относительно большом количестве (рисунок 2).

В текущем столетии (2001–2005 гг.) создание полезащитных насаждений практически прекратилось (25 га за 5 лет). В общем, было создано более 7,5 тыс. га полезащитных насаждений, различающихся составом древесно-кустарниковых пород, конструкцией, количеством рядов деревьев в полосе, состоянием и, естественно, выполняемыми защитными функциями.

В результате оценки полезащитных насаждений установлено, что среди них есть погибшие или уничтоженные (27,5%), требующие ремонта и реконструкции (30%), нуждающиеся в проведении лесохозяйственных мероприятий (27%) и выполняющие защитные функции удовлетворительно (15,5%). В настоящее время эти насаждения требуют проведения вполне определенных лесохозяйственных мероприятий по оздоровлению, реконструкции, частичному или полному восстановлению их в каждом конкретном случае.

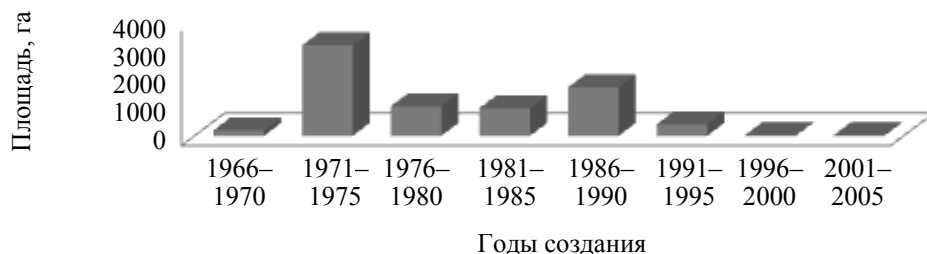


Рисунок 2 – Динамика создания полезащитных насаждений на осушенных землях Беларуси

В зависимости от состояния полосных насаждений (*a* – нормальной жизнеспособности; *б* – усыхающие; *в* – расстроены) их конструкции, условий местопроизрастания и расположения на полях севооборотов, требуется проведение определенных лесохозяйственных мероприятий

в каждом конкретном случае. С целью формирования активных защитных функций в полезащитных насаждениях, особенно из монокультуры, Институтом леса разработаны «Рекомендации по реконструкции, созданию и содержанию полезащитных лесных полос на мелиорированных землях», которые вошли составной частью в ТКП 17.03-04-2014 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование Земли. Предотвращение деградации и восстановление деградированных мелиорированных сельскохозяйственных земель. Общие положения».

Созданная система полезащитных лесных насаждений (в основном на осушенных торфяно-болотных и минеральных землях) различных типов, видов и конструкций, длительная эксплуатация, отсутствие своевременных и необходимых уходов привело к их старению, снижению жизнеспособности и защитных функций. Содержание ЗЛН практически повсеместно не отвечает их потребности в охране, лесоводственных уходах, ремонте и воспроизводстве. На примере рубки реконструкции в смешанном полезащитном насаждении тополя (рисунок 3) улучшилось санитарное состояние деревьев (3,1:1,3 балла), повысилась жизнеспособность древостоя (II:I,4 класса) на участке реконструкции. При этом вырублены опушки разросшегося насаждения, деревья сухостоя, усыхающие и сильно ослабленные, что позволило увеличить количество просветов в насаждении, изменить тип конструкции из плотного на продуваемый и в целом улучшить его защитные функции.

Полезащитные лесные насаждения, несмотря на имущественную принадлежность Минсельхозпроду остаются бесхозными с момента их передачи в эксплуатацию, т.е. с 7–8 летнего возраста. В последующие годы, а это 30–40 лет спустя, когда требуется инвентаризация ЗЛН, оценка состояния и жизнеспособности, разработка и проведение санитарно-оздоровительных мероприятий, необходимых для поддержания их биологической устойчивости и долговечности, а также выполнения защитных функций – все остается на уровне решения неотложных задач современных агроландшафтов.

К настоящему времени площадь полезащитных лесных полос составляет чуть более 3,0 тыс. га с протяженностью 3660 км. Защитная лесистость по стране в целом не превышает 0,5%, что значительно ниже мировой практики (1,5–3,2%). Уровень защитной лесистости территорий осушенных торфяно-болотных и минеральных земель (5% от защищаемой территории) даже не приблизился к научно обоснованной норме [5]. Поэтому, в плане рационального природопользования необходимо создание дополнительного количества ЗЛН с учетом рельефа в каждом водосборе, особенно в районах с высокой интенсивностью проявления водно-эрозионных процессов, а так же – с высокой и очень высокой дефляционной опасностью почв.



a



б

Рисунок 3 – Полезащитное смешанное насаждение тополя до (а) и после (б) проведения рубки реконструкции

Оценка состояния земель в этих районах проведена путем сравнительного анализа лесистости в соответствии сПЭР Беларуси (таблица).

Как видно из таблицы, водно-эрозионные процессы проявляются как в малолесных (15,4–24,7%) районах (Мстиславско-Дубровенский, Оршанско-Могилевский), так и многолесных

(Россонско-Городокский, Мозырско-Хойникско-Брагинский), лесистость территорий которых только по показателям лесного фонда изменяется от 33,9 до 66,4%. Этот показатель еще выше (36,3–70,0%) с учетом древесно-кустарниковой растительности (ДКР). За счет растительности вне лесного фонда, лесистость территорий может увеличиться на 1,1–7,7%, т.е. на тот уровень, который необходим для повышения защитной лесистости территорий. Однако ДКР размещается не на пахотных землях, а на других категориях земель (луга, пастбища, пойменные земли, нарушенные земли, неудобья и т.п.), поэтому эта растительность не выполняет функции по снижению водно-эрозионных процессов, что естественно требует увеличения уровня защитной лесистости этих территорий.

В районах с высокой и очень высокой дефляционной опасностью почв (Ивацевичско-Лунинецко-Петриковский, Октябрьско-Светлогорский, Малоритский, Столинско-Лельчицко-Наровлянский), которые входят в провинцию Белорусского Полесья, территория характеризуется многолесностью с переходом к оптимальной лесистости, как по показателям лесного фонда, так и в целом по районам. Лесистость территорий в этих районах вне лесного фонда значительно меньше, чем на территориях с высокой интенсивностью проявления водно-эрозионных процессов и составляет 0,3-1,8%. Все районы представлены мелиорированными землями, на территории которых количество ДКР значительно меньше, чем площадь ЗЛН.

В результате оценки воздействия ветровой эрозии на пахотные земли в агроландшафтах Любаньского, Речицкого и Светлогорского районов на отдельных ключевых хозяйствах (ОАО «Чырвоная Знамя», ОАО «База Любаньская», ОАО «Талица – Агро», филиал «Советская Белоруссия ОАО «Речицкий КХП», КСУП «Оборона страны», ОАО «Дзержинский – Агро», КСУП «Боровики»), расположенных на мелиорированных торфяно-болотных и минеральных почвах, установлено, что чем меньшая средняя площадь отдельных полей (30–50 га) с наличием системы ЗЛН, тем меньше они подвержены ветровой эрозии почв. Осушенные торфяные земли с мощностью торфа 1–2 м подвержены ветровой эрозии меньше, как и минеральные почвы на полях площадью 100–200 га (1х1 – 2 км), защищенных системой ЗЛН или более-менее равномерно граничащих с лесными насаждениями.

Необходимость создания большего количества ЗЛН обусловлена и происходящими изменениями климата, а в этой связи смещением агроклиматических зон на территории Беларуси. Выделенные ранее три зоны в настоящее время теряют свою территориальную принадлежность. Появилась четвертая агроклиматическая область на юге Полесья, в которой все больше преобладает климат близкий к украинской лесостепи.

Таблица – Лесистость территории районов с высокой интенсивностью проявления водно-эрозионных процессов

№№ ПЭР	Наименование районов с проявлением водно-эрозионных процессов	Лесистость территорий, %		
		вне лесного фонда	по показателям лесного фонда	в целом по району
1	Браславско-Глубокско-Городокский	3,2–4,8–7,7	35,5–25,8–52,0	38,7–30,6–59,7
1.1	Браславский	3,2	35,5	38,7
1.2	Россонско-Городокский	3,6–7,7	66,4–52,0	70,0–59,7
1.3	Поставско-Глубокско-Лепельский	7,5–4,8–2,7	33,7–25,8–52,8	41,2–30,6–55,5
5	Витебско-Лиозненский	7,7–5,4	36,8–42,3	44,5–47,7
10	Оршанско-Могилевский	5,2–2,5	22,3–23,7	27,5–26,2
11	Мстиславско-Дубровенский	1,1–3,6	15,4–24,7	16,5–28,3
12	Ошмянский	1,5	32,6	34,1
13	Воложинско-Минский	1,7–4,5	34,7–24,1	36,4–28,6
21	Гродненско-Волковысский	2,5–1,0	38,4–22,4	40,9–23,4
24	Новогрудско-Кореличско-Слуцкий	1,7–1,7–1,7	38,2–19,3–21,6	39,9–21,0–23,3
39	Мозырско-Хойникско-Брагинский	2,9–0,6–2,4	51,8–45,0–33,9	54,7–45,6–36,3

Вопрос практического решения задач защитного лесоразведения становится еще более актуальным в связи с увеличением повторяемости засушливых явлений на юге нашей страны, что способствует активному развитию климатического опустынивания. Механизм этого опасного природно-антропогенного явления был запущен не только в результате современного

потепления климата, но и как следствие интенсивного мелиорации земель Белорусского Полесья. В результате не совсем рационального использования осушенных земель для сельскохозяйственного производства, произошла сработка торфяного слоя довольно быстро. Поэтому в Беларуси в настоящее время крайне необходимо на основе изучения климатических, почвенных и лесорастительных условий в сопряжении с подверженностью пахотных земель ветровой и водной эрозии, защитной лесистостью территорий районов, особенно малолесных, а также с учетом особенностей экологии и биологии древесных пород, разработать агролесомелиоративное районирование территории страны.

На территории Беларуси независимо от административного деления выделено 3 почвенно-экологических провинции, а в их пределах – 40 почвенно-экологических районов [2]. Эти районы характеризуются различным удельным весом эродированных почв и неодинаковыми условиями для ведения сельскохозяйственного производства. Каждый из выделенных районов включает группы хозяйств с однородным составом почвенного покрова и близким агроэкологическим их состоянием.

Районы с высокой интенсивностью проявления водно-эрозионных процессов и с высокой и очень высокой дефляционной опасностью почв объединяют 16 почвенно-экологических районов (30 административных районов), которые имеют территориальную подверженность к проявлению водной и ветровой эрозии почв. Для снижения воздействия на сельскохозяйственные угодья водно-эрозионных и дефляционных процессов предлагается разработка агролесомелиоративного районирования территории Беларуси, особенно районов с высокой водно-эрозионной и дефляционной опасностью почв.

Вопросы агролесомелиоративного обустройства территории Беларуси в части защитного и полезащитного лесоразведения вообще не отражены в «Стратегии адаптации сельского хозяйства Республики Беларусь к изменениям климата», которая разработана Межправительственной группой экспертов по изменению климата Рамочной Конвенции ООН.

В результате исследований установлено, что защитные насаждения в большинстве случаев соответствуют функциональному назначению. Для сохранения, поддержания и повышения защитных свойств необходимо проведение санитарно-оздоровительных мероприятий, способствующих улучшению состояния и повышению долговечности насаждений. В некоторых поврежденных защитных лесных полосах требуется коренная реконструкция или создание новых защитных насаждений, увеличивая защитную лесистость территорий.

В районах с высокой интенсивностью проявления водно-эрозионных процессов и очень высокой дефляционной опасностью почв, ветровая и водная эрозия проявляется значительно меньше на мелко- и среднеконтурных полях, на пахотных землях площадью 30–50 га, защищенных естественной ДКР или системой ЗЛН. Защитная лесистость территорий осушенных земель составляет 0,5%, что недостаточно для формирования стабильных агроландшафтов.

Список использованных источников

1. О некоторых вопросах предотвращения деградации земель (включая почвы): Постановление Совета Министров Республики Беларусь, 29 апреля 2015 г., № 361 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 06.05.2015, 5/40478.
2. Проектирование противоэрозионных комплексов и использование эрозионноопасных земель в разных ландшафтных зонах Беларуси. Рекомендации / РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси»; под общ. ред. А.Ф. Черныша. – Минск, 2005. – 45 с.
3. Инструктивные указания по агролесомелиоративному устройству защитных лесонасаждений на землях сельскохозяйственных предприятий / Мин-во сельского хоз-ва СССР. – М., 1983. – 55 с.
4. Санитарные правила в лесах Республики Беларусь. Утверждены при иазом Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 19.12.2016, №79.
5. Орловский В.Б. Защитное лесоразведение в Белоруссии / В.Б. Орловский, В.К. Поджаров, В.Н. Воробьев // Справ.пособие. – Минск.: Ураджай, 1980. – 135 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА САПРОПЕЛЕВЫХ РЕСУРСОВ БЕЛАРУСИ

В озерах Беларуси – естественных пресноводных водоемах замедленного водообмена, накапливаются специфические осадки – сапропели. Состав и свойства сапропеля, его широкая распространенность, позволяют весьма эффективно использовать сапропель в земледелии, животноводстве, промышленности строительных материалов, мелиоративном строительстве, бальнеологии и бурении скважин. В связи с этим актуальны вопросы рационального использования и охраны ресурсов сапропеля в Беларуси.

На территории Беларуси насчитывается около 1900 озер ледникового происхождения площадью более 0,01 км². Большинство водоемов находится в эвтрофном (около 70 %) и дистрофном (более 15 %) состояниях [1], усиленно заиливается с уменьшением объемов чистой воды. Поэтому проблема освоения сапропелевых отложений пресноводных водоемов актуальна также с позиций охраны окружающей среды. Особенно много мелководных озер расположено в центральных и южных районах республики (рис.1). По прогнозным подсчетам, по сравнению с началом пребореального периода (приблизительно 10 тыс. лет назад) было перекрыто торфом и прекратило существование более 4,5 тыс. озер, общая площадь которых составила 1,2 тыс. км², что сопоставимо с площадью современных водоемов ледникового происхождения.

Большой заиленностью и увеличенными мощностями сапропеля характеризуются многочисленные в Беларуси малые озера. Так, средняя глубина воды в ряду месторождений: крупные и средние (> 50 га) – малые (11–50 га) – очень малые (< 10 га) снижается с 3,3 до 2,7 и 2,5 м соответственно (таблица 1), а средняя мощность сапропеля, наоборот, увеличивается с 2,9 до 3,3 и 4,5 м. Рассчитанные данные отличаются большой достоверностью, т.к. получены на представительном материале: Поозерье – 468 объектов, Центральная провинция – 132, Полесская – 69.

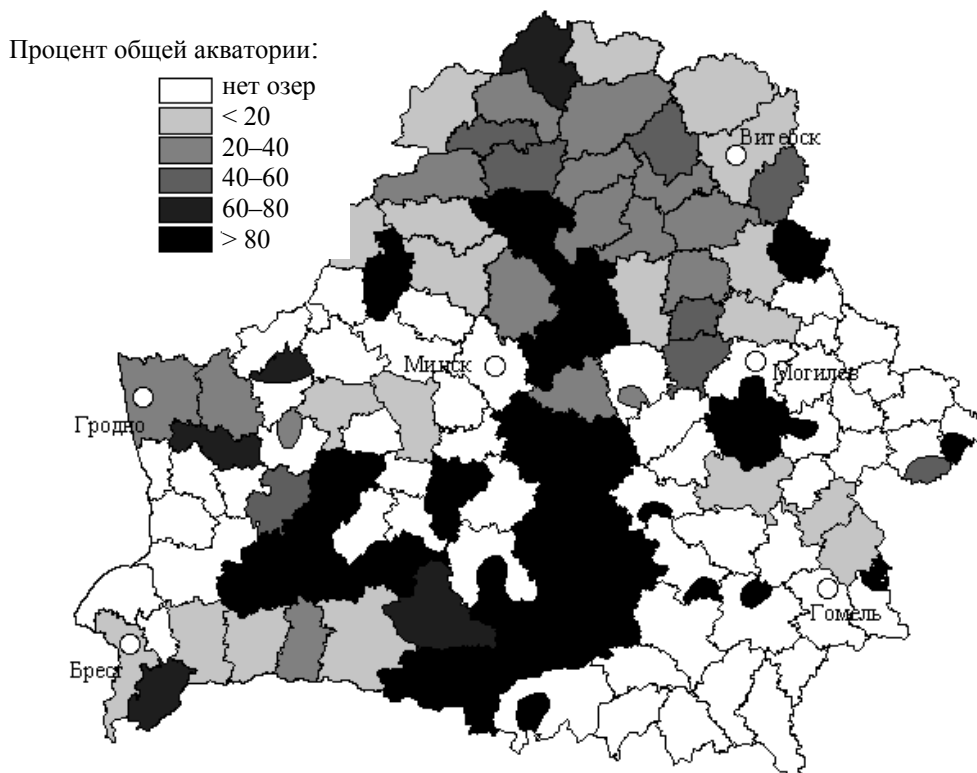


Рисунок 1 – Распределение мелководных озер со средней глубиной воды до 2 м

С увеличением средней мощности сапропеля и снижением глубин воды при анализе групп озер от крупных и средних к малым и очень малым, увеличивается относительная площадь акватории, занимаемая сапропелем и объемная заиленность котловин. Если в озерах площадью более 50 га средняя заиленность акватории колеблется от 68% в Полесье до 80% в Центральной провинции, то в озерах размером 11–50 га заиленность по площади составляет уже 79-91%, а в озерах менее 10 га – 94–99%.

Как показывает мировой опыт, любые меры борьбы с процессами эвтрофирования озер, в том числе прекращение стоков, повышение уровня воды, аэрация водной массы, не могут прекратить процессы отмирания и дают кратковременный эффект. Кардинальным способом выведения озер из состояния деградации является удаление донных отложений. В результате происходит омоложение водоема, а извлеченный сапропель полезно используется.

Характерной особенностью сапропеля в естественном состоянии является высокое влагонасыщение. Среднее статистическое значение естественной влажности составляет в целом для сапропелей 88,4 %, для органических увеличивается до 94 %. Процесс превращения сапропеля в готовую продукцию сопровождается неизменным удалением избытка воды, что представляет собой известные трудности, особенно для сапропеля с повышенным содержанием органического вещества.

Таблица 1 – Характеристика заиленности озер разной площади

Характеристики	Провинции			По всем провинциям
	Поозерская	Центральная	Полесская	
	Количество озер			
	468	132	69	669
Очень малые озера площадью менее 10 га				
Средняя глубина воды, м	3,0±0,3	1,6±0,2	1,5±0,4	2,5±0,2
Средняя мощность сапропеля, м	4,6±0,2	4,3±0,4	4,1±0,5	4,5±0,2
Заиленность озер по площади, %	97±0,8	99±0,4	94±4,6	97±0,7
Объемная заиленность котловин, %	61±2,7	76±3,9	71±7,0	66±2,2
Малые озера площадью 10-50 га				
Средняя глубина воды, м	2,9±0,1	2,3±0,3	2,6±0,3	2,7±0,1
Средняя мощность сапропеля, м	3,3±0,1	3,4±0,2	3,2±0,26	3,3±0,1
Заиленность озер по площади, %	88±1,1	91±1,8	79±2,6	88±0,8
Объемная заиленность котловин, %	53±1,6	59±3,3	53,5±4,1	55±1,4
Крупные и средние озера площадью более 50 га				
Средняя глубина воды, м	3,5±0,11	3,1±0,4	2,5±0,3	3,3±0,1
Средняя мощность сапропеля, м	2,8±0,1	3,1±0,2	3,3±0,6	2,9±0,1
Заиленность озер по площади, %	78±0,9	80±2,7	68±3,9	78±0,8
Объемная заиленность котловин, %	42±1,2	50±4,2	49±5,6	43±1,2

Примечание. После средней величины указана стандартная ошибка

К началу 1990-х гг. в республике было построено около 50 объектов с объемом добычи сапропеля более 1,4 млн. т. Изменение условий хозяйствования, объективные экономические причины и недостатки применявшихся ранее способов извлечения сапропеля привели к значительному падению их добычи в республике. Учитывая потребности республики (в связи с обостряющимся истощением почв) в эффективных местных видах удобрений с пролонгированным действием, минерально-витаминных кормовых добавках для сельскохозяйственных животных и другой ценной продукции из сапропеля и принимая во внимание интерес к ней в зарубежных странах, Республика Беларусь может стать крупным поставщиком потенциально востребованной и не имеющей аналогов на мировом рынке продукции. Освоение ресурсов сапропеля предусматривает получение разнообразного сырья для комплексной переработки и выпуска расширенного ассортимента продукции, прежде всего сельскохозяйственного назначения, как для внутреннего рынка, так и в расчете на экспорт. При этом следует использовать белорусский и российский опыт в области изучения

и применения сапропеля путем реализации совместных научных, научно-технических и коммерческих проектов по проблемам сапропеля.

Территория Беларуси отличается хорошей изученностью озерного сапропеля. Первые геологоразведочные работы проведены в 1930-х гг. [2]. Планомерные изыскания осуществлял Институт торфа АН БССР (ныне Институт природопользования НАН Беларуси) в 1970–90-х гг. и в настоящее время такие работы выполняются по заказу предприятий и организаций различных форм собственности с учетом логистической составляющей.

Поисково-оценочные работы (категория оценки запасов C_2) проведены на 590 водоемах. Кроме того, насчитывается более 200 озер, запасы сапропеля в которых оценены по незначительному количеству точек зондирования, а разведочная сеть не соответствует инструктивным требованиям. Исследования сапропелей в них выполнены в научных целях в 1950–60-х гг. [3] или при паспортизации и оценке природного состояния [1]. Такие неполные данные отнесены к прогнозным ресурсам категорий P_1 и P_2 . Прогнозные ресурсы сапропеля для остальных 1070 неизученных сапропелепродуктивных озер рассчитаны с учетом их площади и средней мощности осадков в пределах каждого административного района (категория прогнозных ресурсов P_3). В таблице 2 представлены итоговые данные по изученности и составу озерного сапропеля.

Разведанные запасы сапропеля в озерах республики составляют более 2130 млн m^3 . Согласно прогнозным расчетам, в неисследованных малых озерах сосредоточено 555 млн m^3 . В основном ресурсы сапропеля в озерах сосредоточены в Витебской – 1940 млн m^3 (72 % общих) и Минской – 410 млн m^3 (15 %) областях. Незначительными ресурсами озерного сапропеля располагает Могилевская область – около 30 млн m^3 , или немногим более 1 % общего объема в озерах.

Таблица 2 – Изученность и типологический состав запасов озерного сапропеля Беларуси (на 01.05.2019 г.), млн. т

Область	Общие геологические запасы	Разведанные запасы		Прогнозные ресурсы
		$A+C_1$	C_2	
Брестская	31,8	12,2	16,5	3,1
Витебская	606,3	28,3	470,6	107,4
Гомельская	23,7	17,2	4,7	1,8
Гродненская	31,5	6,0	19,3	6,2
Минская	160,3	13,9	91,4	55,0
Могилевская	10,7	7,7	2,4	0,6
Всего	864,3	85,3	604,9	174,1

Наиболее обеспеченные запасами сапропелевого сырья районы сосредоточены в Витебской области в зоне последнего поозерского оледенения, а также на севере Минской и на северо-западе Гродненской областей, что связано с большим количеством размещенных здесь относительно глубоких водоемов ледникового происхождения, образованных в послеледниковое время. В озерах преобладает кремнеземистый тип сапропеля, запасы которого в республике составляют 1720 млн m^3 , или 64 % от общих. Особенно велика доля кремнеземистого сапропеля в озерах Гомельской, Витебской и Минской областей – 76, 73 и 39 % соответственно. Незначительный объем занимает органический сапропель – 20 % от общего, малый – смешанный (9 %) и карбонатный (7 %). Следует отметить, что в озерах Брестской и Могилевской областей органический сапропель преобладает в типологической структуре запасов и составляет 72,3 млн m^3 (60 % общих запасов по области) в первой и 13,8 млн m^3 (47 %) во второй области. В озерах Гродненской области преобладает карбонатный сапропель – 40 % общих ресурсов, или 39,3 млн m^3 .

В целях охраны и рационального использования природных ресурсов, удовлетворения потребностей лечебных и санаторно-курортных учреждений в лечебных грязях для оздоровления населения специальным постановлением Правительства республики № 237 от 20 сентября 1990 г. выделено 39 озер, сапропель которых пригоден для применения в медицине.

На отдельных месторождениях выполнены детальные геологоразведочные работы и утверждены их запасы.

В последнее время проявляется интерес к ресурсам сапропеля, залегающим на торфоучастках. Он обусловлен тем обстоятельством, что освоение таких ресурсов является более простой технической задачей, чем разработка озерных залежей из-под воды, по причине возможного использования упрощенных технологий добычи. Пониженная влажность погребенного под торфом сапропеля и применение созданных для добычи торфа инженерных сооружений, делает разработку донных отложений на выработанных торфоучастках на 20–30 %, а иногда до 50 % энергетически более выгодной, чем разработка озерного сапропеля.

Общие геологические ресурсы сапропеля на торфяных месторождениях (т.м.) с учетом прогнозных ресурсов на неизученных объектах составляют 1,26 млрд м³ или 0,72 млрд т в пересчете на 60 %-ю условную влажность (таблица 3).

Таблица 3 – Общие геологические ресурсы сапропеля под торфом Беларуси (на 01.05.2019)

	Область						Всего
	Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	Минская	Могилевская	
Объем, млн м ³	181,2	720,8	77,5	91,8	127,4	58,6	1257,3
Запас, млн т	113,3	372,0	44,9	72,7	85,1	36,5	724,5

Состав ресурсов сапропеля на торфяных месторождениях более сбалансирован по типам [4]. Если рассматривать всю территорию республики, то на кремнеземистый сапропель приходится 32 % общих ресурсов сапропелевого сырья под торфом, на органический – 29, карбонатный – 27 и смешанный – 12 %. Ровный типологический состав объясняется большим содержанием органического вещества в погребенном сапропеле Витебской области, имеющего преимущественно торфянистый генезис, и наличием повышенных количеств карбонатного материала. Равномерное распределение кремнеземистого, органического и карбонатного типов сапропеля отмечается на т.м. Могилевской и Минской областей. Для погребенного сапропеля Брестской и особенно Гродненской области характерно заметное преобладание карбонатного типа. На территории последнего региона выявлена идентичность в соотношении типов сапропеля озер и т.м., что не характерно для остальных областей. В Гомельской области как в озерах, так и под торфом преобладает кремнеземистый сапропель – 45 % общих ресурсов, а на т.м. Витебской области основным типом сапропеля является органический, запасы которого составляют около 260 млн м³, или 36 % общих запасов.

Сопоставление контуров распространения сапропеля на разрабатываемых торфяных месторождениях и особенностей размещения имеющихся торфоучастков позволило определить 487 месторождений, на которых возможна и целесообразна добыча сапропелей. По разработанным критериям выполнена оценка степени перспективности освоения запасов сапропеля на выработанных или разрабатываемых торфоучастках и торфяных месторождениях.

Общая площадь сапропелевой залежи на перспективных для добычи сапропеля выработанных торфяных месторождениях составляет 59,24 тыс. га при средней мощности осадков 0,97 м. Объем сапропеля оценивается в 574,16 млн м³ или почти 352 млн т. Преобладает кремнеземистый сапропель – 35 % общего объема. Органические и карбонатные осадки составляют соответственно 27 и 26 % общего объема, смешанные – 11 % [5].

Из общего количества перспективного для разработки сапропеля торфяных месторождений 96 относятся к категории весьма перспективных, из которых 64 расположены в Витебской области, 155 относятся к категории перспективных и 236 определены как условно перспективные. С учетом площадей и объемов распространения сапропеля на разных по степени перспективности для разработки донных отложений торфоучастках, существующих способов отработки сапропелевых залежей, имеющегося опыта добычи, можно предположить, что на весьма перспективных для выработки торфяных месторождениях степень извлечения сапропеля составит около 50 % от общих ресурсов, на перспективных – не более 25 % и условно перспективных – не более 10 % по причине мелкоконтурности и малых

мощностей сапропелевых осадков. Исходя из таких предпосылок рассчитаны извлекаемые ресурсы сапропеля на разрабатываемых и выработанных от торфа площадях всех торфяных месторождений в разрезе административных областей, которые в целом по республике составили 109 млн т. Как показали расчеты, 55 % всех извлекаемых ресурсов сапропеля на выработанных торфоучастках распространено в Витебской области. В Брестской и Витебской областях извлекаемые ресурсы составляют около 40 % общих объемов, залегающих в пределах областей на разрабатываемых торфяных месторождениях. Для остальных областей эта величина значительно ниже и колеблется от 20 до 26 %. Все торфяные месторождения, перспективные для добычи сапропеля, представлены в форме справочника с картой размещения по территории республики выработанных торфоучастков, перспективных для организации добычи сапропеля.

Выявленные ресурсы сапропеля на выработанных от торфа и разрабатываемых месторождениях позволяют существенно расширить сырьевую базу для производства различной продукции, прежде всего, местных органоминеральных удобрений, кормовых добавок и целенаправленно выбирать объекты для добычи.

Список использованных источников

1. Озера Белоруссии. Справочник: В 2 т. Минск: Изд-во БГУ, 1983–1985. – Т. 1–2.
2. Соловьев М.М. Сапропелевые изыскания в Белоруссии // Экспедиции Всесоюзной академии наук. М., 1932. – С.342–345.
3. Пидопличко А.П. Озерные отложения Белорусской ССР. Минск: Наука и техника, 1975. – 120 с.
4. Курзо, Б.В. Закономерности формирования и проблемы использования сапропеля. Минск: Бел. наука, 2005. – 224 с.
5. Курзо Б. В., Пекач Л. П., Чубарева О. П. Вещественный состав и ресурсы сапропеля на торфяных месторождениях Беларуси // Природопользование, 2001. Вып. 7. С.97-102.

УДК 581.524.2:582.998:581.192(476)

О.В. Молчан, Т.А. Скуратович,
ИЭБ НАН Беларуси, г.Минск

РАСПРОСТРАНЕНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ ОГРАНИЧЕНИЯ И ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ РОДА ЧЕРЕДА В БЕЛАРУСИ

В последнее время все большую актуальность приобретают процессы неконтролируемых биологических инвазий, связанных с массовым распространением видов за пределами их естественных ареалов. Инвазивные виды конкурируют и отрицательно воздействуют на численность и встречаемость аборигенных представителей, могут привести к их полному исчезновению и, тем самым, причинить значительный и зачастую необратимый экологический ущерб на генетическом, видовом и экосистемном уровнях. Наиболее агрессивной группой являются инвазивные растения. Их влияние на растительный покров в республике постоянно возрастает. При этом видна четкая тенденция увеличения таксономического разнообразия и численности чужеродных видов, темпов их заноса, расширения ареалов и спектра мест произрастания, возрастания роли в природных растительных сообществах. Яркими примерами инвазивных растений, в последнее десятилетие стремительно расширяющих ареал, являются представители рода *Bidens* L. (Asteraceae).

Род *Bidens* насчитывает по разным оценкам от 150 до 250 видов, распространенных в тропических, субтропических и умеренных широтах обоих полушарий, но преимущественно в Северной и Южной Америке. Различные виды этого рода известны как лекарственные,

декоративные и сорные растения. В Беларуси, как и других странах восточной Европы, до недавнего времени наиболее распространенными аборигенными видами этого рода были *Bidenstripartita*L. (череда трехраздельная) и *B. cernua*L. (череда поникшая). Редким видом является *B. radiata*Thuill. (череда лучистая) [1–4]. Начиная с 1955 г. в Беларуси широкое распространение получил адвентивный вид североамериканского происхождения *Bidensfrondosa*L. (череда олиственная). По имеющимся данным, этот вид стал уже обычным в южных регионах республики и особенно в Белорусском Полесье [1–4].

С начала 1980-х годов в Беларуси начинает распространяться еще один американский заносный вид череды *Bidensconnata*Willd. (череда сростная), распространение которого в республике в настоящее время уже сходно с *B. frondosa* и, по мнению ряда исследователей, носит характер экспансии[3, 4]. Обнаруживают инвазивные американские виды череды также на территориях национальных парков и заповедников Беларуси [3, 4]. Еще один вид американского происхождения – новый для Беларуси – *B. vulgata*Green, был обнаружен в 2003 г. в Дзержинском районе Минской области и пока широкого распространения не получил [3, 4]. Однако быстрое распространение *B. frondosa* и *B. connata* побуждает обратить внимание на распространение и этого вида.

В последние годы государственной инспекцией по карантину и защите растений Беларуси в импортной подкарантинной продукции обнаруживается *B. pilosa*L. (череда волосистая) – опасный карантинный объект, который пока не отмечен в природных комплексах республики, но риск его появления здесь чрезвычайно высок.

Среди перечисленных чужеродных видов рода наибольшую угрозу природным растительным сообществам Беларуси сегодня представляет *B. frondosa*, которая входит в список 50 самых распространенных инвазивных видов Европы [1–4]. За последние десятилетия *B. frondosa* широко расселилась по всем странам Восточной Европы и во многих местах своего вторичного ареала вытеснила аборигенные *B. tripartita*, *B. cernua* и *B. radiata* [5]. Предполагается также широкая гибридизация *B. frondosa* с дикорастущими видами рода [6]. Быстрые темпы экспансии приводят к вытеснению аборигенного вида *Bidenstripartita* L., который является хорошо известным лекарственным растением, включенным в Государственную Фармакопею Республики Беларусь и многих других стран.

Таким образом, инвазивные растения рода *Bidens*, ареал которых в последнее десятилетие стремительно расширяется, представляют серьезную угрозу для аборигенных видов, тем самым вызывая значительный экологический ущерб. В настоящее время актуальными являются исследования по изучению современного распространения, а также разработка эффективных мер контроля и ограничения распространения чужеродных и, особенно, инвазивных или потенциально инвазивных видов череды, поскольку для решения проблемы инвазий в глобальном масштабе необходимо проведение надежных региональных исследований.

Растения инвазивных видов череды могут оказаться практически-ценным природным ресурсом. В то же время, следует отметить, что детальная характеристика состава ценных метаболитов растений инвазивных видов череды и их биологической активности к настоящему времени отсутствуют. Исследования в данном направлении интересны и в связи с тем, что в зависимости от условий произрастания состав и содержание вторичных метаболитов могут в значительной степени варьировать. С другой стороны, использование инвазивных видов позволит регулировать их численность и дальнейшее распространение в природных фитоценозах.

Растения инвазивных видов череды собирали в фазу бутонизации и начала цветения на территории различных регионов Беларуси, высушивали, измельчали и использовали для экстракции водой или водными растворами этанола различной концентрации. Суммы фенольных соединений, флавоноидов и антирадикальную активность определяли спектрофотометрически с использованием общепринятых методов. Фенольные кислоты, флавоноиды и агликоны фенольных соединений идентифицировали ВЭЖХ с диодно-матричным детектором. Разделение компонентов проб проводили на колонке Zorbax Eclipse Plus C18 с использованием жидкостного хроматографа Agilent 1200. Для расчета концентраций фенольных

кислот, флавоноидов и агликонов использовали хроматограммы, зарегистрированные при длине волны 330, 270 и 370 нм, соответственно. В качестве основных тест-объектов для оценки антибактериальной активности служили условные патогены *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* Rosenbach (ATCC[®] 6538P[™]), *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* Rosenbach (ATCC[®] 25923[™]), *Enterococcus faecalis* (ATCC[®] 29212[™]) и фитопатогенной бактерии *Pseudomonas syringae*. Посев микроорганизмов для формирования бактериального газона проводили методом Дригальского, выявление антибактериальной активности – методом лунок. Для определения фунгицидной активности методом агаровых блоков использовали фитопатогенные грибы *Fusarium venaceum*, *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum herbarum*, *Colletotrichum fulvum*.

В результате работы, проведенной в 2016–2018 гг. выявлены локалитеты произрастания и осуществлен сбор растительного сырья *Bidens frondosa* L., *Bidens connata* Willd и *B. vulgate* Green, в различных административных областях Беларуси. Исследованы состав и содержание биологически активных соединений различных органов растений, определены суммы экстрактивных веществ, полисахаридов, фенольных соединений и флавоноидов в различных органах инвазивных видов *Bidens*. В образцах сырья растений видов *Bidens* установлено содержание основных фенольных кислот (хлорогеновой и кофейной) и лютеолин-7-глюкозида, а также состав и содержание ряда минорных соединений.

Проведение детальной характеристики состава и содержания фармакологически ценных соединений, а также биологической активности инвазивных растений рода *Bidens*, произрастающего на территории Беларуси, показало, что трава, листья и соцветия этого вида содержат значительное количество флавоноидов, каротиноидов, полисахаридов и других биологически активных веществ. Несмотря на то, что в сырье травы череды, собранной в различных локалитетах на территории Беларуси, состав и содержание биологически активных веществ варьируют, т.к. зависят от условий произрастания и от генотипических особенностей региональных популяций, в большинстве случаев содержание полисахаридов и лютеолин-7-глюкозида, соединений по которым стандартизуют сырье череды травы, часто было сравнимо либо выше, чем в траве череды трехраздельной. При этом установлены локалитеты, в которых сбор сырья растений нецелесообразен.

Установлены условия извлечения биологически активных веществ из разных частей растений. С учетом высокого содержания суммарных веществ в технологических экстрактах оптимизированы параметры определения антирадикальной, фунгицидной и антибактериальной активности сырья растений родов *Bidens*.

В эксперименте *in vitro* установлены оптимальные и субоптимальные концентрации биологически активных веществ растений инвазивных видов рода *Bidens*, при которых наблюдается угнетение роста и развития патогенных микроорганизмов. Установлены фунгистатические эффекты экстрактов травы видов *Bidens* в отношении *Fusarium venaceum*, *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum herbarum*, *Colletotrichum fulvum*. Выявлены антибактериальные эффекты в отношении условных патогенов человека *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* Rosenbach (ATCC[®] 6538P[™]), *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* Rosenbach (ATCC[®] 25923[™]), *Enterococcus faecalis* (ATCC[®] 29212[™]) и фитопатогенной бактерии *Pseudomonas syringae*.

Максимальное содержание фенольных соединений и антирадикальная активность были характерны для вариантов с наибольшей антибактериальной активностью и фунгистатическим эффектом относительно исследованных патогенов. Можно предположить, таким образом, что существенное влияние на проявление антибактериальной и фунгистатической активности экстрактов *Bidens* оказывают фенольные соединения. Установлено, также ингибирующее действие экстрактов череды на прорастание семян ячменя. И в данном случае также, биологическая активность находится в соответствии с содержанием суммы фенольных соединений в экстрактах.

В связи с вышесказанным, промышленная эксплуатация зарослей *Bidens* (с предварительной оценкой запасов, разработкой рекомендаций по заготовке и диагностике сырья,

изучением его химического состава и разработкой препаратов на их основе позволит, с одной стороны, целенаправленно регулировать их численность и дальнейшее распространение в природных фитоценозах. С другой – получить новые экологически безопасные препараты сельскохозяйственного и фармацевтического назначения.

Лекарственные свойства растений чужеродных видов череды являются малоизученными. Хотя известно, что в пределах первичного ареала череда олиственная, например, используется при лечении легочных, сердечных и мочеполовых заболеваний, обнаружены спазмолитическое, потогонное и отхаркивающее свойство растений вида. В ряде работ прогнозируется перспективность использования *B. frondosa* для фармацевтических целей [7]. В 2016 г. *B. frondosa* (череды трава) была включена Государственную фармакопею Республики Беларусь наравне с аборигенной *B. tripartita*. При этом важно помнить, что данный инвазивный вид наносит невосполнимый ущерб природным растительным сообществам Беларуси, поэтому заготавливать и использовать следует сырье только дикорастущих растений *B. frondosa*.

Список использованных источников

1. Молчан О.В., Скуратович Т.А., Джус М.А., Голенченко С.Г., Шабуня П.С., Фатыхова С.А. Состав, содержание и биологическая активность фенольных соединений, определяющих потенциал использования сырья инвазивных растений *Bidens frondosus* L. «Фенольные соединения: свойства, активность. инновации: сборник научных статей по материалам X Международного Симпозиума «Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты», Москва, 14–19 мая 2018 г. / отв. ред. Н.В. Загоскина – М. ИФР РАН, – 2018. – С. 330–334.

2. Скуратович, Т.А. Биологически активные соединения *Bidens frondosus* L. и *Bidens connatus* Willd. – инвазивных видов флоры Беларуси / Т.А. Скуратович, О.В. Молчан // Состояние и перспективы разработки, использования биологически активных соединений в научной и практической деятельности: материалы Международной научно-практической конференции, г. Брест, 4-5 октября 2018. – С. 225 – 229.

3. Сосудистые растения Национального парка «Припятский» / В. И. Парфенов [и др.]; под ред. В. И. Парфенова. – Минск : Белорус. Дом печати, 2009. – 206 с.

4. Джус М.А. Инвазивные американские виды череды (*Bidens* L., Asteraceae) в национальных парках и заповедниках Беларуси // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию Березинского заповедника «Заповедное дело в Республике Беларусь: итоги и перспективы», 22–25 сентября 2010 г., п. Домжерицы / редкол.: В.С. Ивкович (отв. ред.). Минск: Белорусский Дом печати, 2010. С. 153–156.

5. Alien flora of Europe: species diversity, temporal trends, geographical patterns and research needs / Philip W. Lambdon [et. al.] // Preslia. – 2008. – Vol. 80, № 2. – P. 101–149.

6. Галкина, М. А. Биоморфологические особенности инвазивных видов рода *Bidens* L. в европейской части России : дис. На соискание учёной степени к-т биол. наук : 03.02.01 / М. А. Галкина. – М., 2014. – 138 л.

7. Корожан Н.В., Бузук Г.Н. Стабилизирующее действие на мембраны тучных клеток травы череды трехраздельной // Вестник ВГМУ. 2015 № 1. Т. 14. С. 136–143.

Исследования были проведены в рамках проекта «Разработать способы использования инвазивных видов растений череды и золотарника как потенциального биологического ресурса для целенаправленного снижения их численности и дальнейшего распространения в природных фитоценозах» ОНТП «Интродукция» (подпрограмма «Противодействие экспансии чужеродных видов, организмов и патогенов, минимизация ущербов для природного разнообразия, экономики и здоровья человека на 2016–2020 годы) при поддержке Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды.

ОПЕРАТИВНАЯ ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПРИГОДНОЙ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗАГОТОВКИ БИОМАССЫ БОЛОТНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ

В связи с исчерпанием сырьевых баз в Беларуси актуален переход торфобрикетных заводов и торфопредприятий к использованию возобновляемого сырья. Таким сырьем может быть биомасса растительных сообществ пойменных торфяных месторождений, прежде всего, повторно обводненных после промышленной эксплуатации. Полученная при зимнем скашивании фитомасса может использоваться для производства топливных гранул и упаковочных материалов, а также добавляться к торфяным брикетам.

Для планирования организации уборочных работ фитомассы и загрузки производственных мощностей требуются ежегодные оперативные оценки запасов перспективных для промышленной заготовки биомассы болотных фитоценозов. Дистанционные методы позволяют оперативно оценить данные запасы за многократно меньший промежуток времени по сравнению с наземным обследованием и при этом существенно снизить стоимость выполнения этих работ.

В настоящей работе показаны возможности дистанционной экспресс-оценки запасов фитомассы болотных фитоценозов, пригодной для промышленной заготовки. Работа проведена на исключенной из промышленной эксплуатации юго-западной части торфяного месторождения Докудовское (Лидский район Гродненской области Беларуси) площадью 937 га. В северной части исследуемой территории в 2007 г. проведено повторное обводнение.

Основная часть работы выполнена по снимку спутника Sentinel-2В с датой съемки 10.08.2018. Серия спутников Sentinel-2 представлена двумя околополярными находящимися на одной орбите спутниками-близнецами, расположенными на угловом расстоянии 180° друг от друга. Каждый спутник серии Sentinel-2 содержит единственный мультиспектральный прибор – MultispectralInstrument (MSI), который регистрирует излучение в 13 спектральных каналах видимого диапазона и ближнего и коротковолнового ИК-диапазонов спектра (таблица 1). В работе использованы каналы с пространственным разрешением 10 и 20 м, последние приведены к разрешению 10 м согласно [1]. Использован снимок Sentinel-2 уровня обработки 1С (орторектифицированные снимки, представленные значениями коэффициента отражения на уровне апертуры радиометра с субпиксельной точностью совмещения спектральных каналов). Атмосферную коррекцию выполнил с помощью программы обработки Sen2Cor [2].

Таблица 1 – Спектральные каналы спутников серии Sentinel-2 (S2A и S2B)

Номер канала	S2A		S2B		Пространственное разрешение (м)
	Центральная длина волны (нм)	Ширина канала (нм)	Центральная длина волны (нм)	Ширина канала (нм)	
1	443,9	27	442,3	45	60
2	496,6	98	492,1	98	10
3	560,0	45	559,0	46	10
4	664,5	38	665,0	39	10
5	703,9	19	703,8	20	20
6	740,2	18	739,1	18	20
7	782,5	28	779,7	28	20
8	835,1	145	833,0	133	10
8a	864,8	33	864,0	32	20
9	945,0	26	943,2	27	60
10	1373,5	75	1376,9	76	60
11	1613,7	143	1610,4	141	20
12	2202,4	242	2185,7	238	20

Во время максимума развития фитомассы тростника на территории вышедшей из промышленной эксплуатации юго-западной части торфяного месторождения Докудовское найдены на местности репрезентативные перспективные и неперспективные для промышленной заготовки энерготехнологической фитомассы участки поверхности. Критерий перспективности фитоценоза для заготовки биомассы – сомкнутый полог травянистой растительности высотой более 1,5 м. Древесно-кустарниковую растительность отнес к неперспективным для заготовки, поскольку ее возобновление требует достаточно продолжительного времени, и кроме того, для ее использования требуется дополнительное оборудование для заготовки и измельчения, а также большее предварительное высушивание собранной фитомассы.

Измерены GPS-координаты более 100 наземных контрольных точек с одновременным описанием их расположения на каждом участке и получением фотографии точки измерения. Путем последующего сопоставления наземных путевых точек (waypoints), их описаний и фотографий, а также спутниковых снимков данных участков из разных источников выполнил разделение наземных измерений на обучающую и контрольную выборки. Полученную обучающую выборку дополнил участками с открытыми почвами и антропогенными объектами, открытой водной поверхностью, древесно-кустарниковой растительностью, полигоны с которыми создал непосредственно по спутниковым снимкам разного пространственного разрешения. Суммарная площадь итоговых полигонов, содержащих перспективные для промышленной заготовки биомассы фитоценозы, составила 10,3 га, неперспективные для заготовки участки поверхности – 59,4 га.

Из дальнейших расчетов исключил пиксели с искаженными или вышедшими на насыщение значениями, а также облака и их тени. Итоговая обучающая выборка содержала 6961 пикселей, центры которых попали внутрь 42 полигонов. В свою очередь каждый пиксель содержал 10 значений используемых в работе спектральных каналов.

Для тематического картографирования территории исследования, прежде всего для разделения перспективных и ограниченно перспективных для промышленной заготовки фитомассы болотных фитоценозов, выбрал метод опорных векторов (supportvectormachines (SVM)), поскольку он более устойчив к уменьшению объема обучающей выборки, чем большинство других методов классификации с обучением.

В качестве базисной функции (ядра) выбрана радиальная функция. Приведение исходных данных к одинаковым диапазонам значений не требовалось, поскольку значения коэффициента отражения уже находятся в диапазоне (0,1).

Коррекция несбалансированности численностей классов обучающей выборки выполнена путем умножения на веса, обратно пропорциональные численностям соответствующих классов и последующего приведения суммы весов к их сумме для сбалансированной выборки.

Для определения оптимальных значений параметров C и γ радиальной базисной функции при оценке точности классификации использован коэффициент каппа [3]. Оценка точности основывалась на перекрестной проверке на достоверность результатов классификации обучающей выборки. Использована 10-кратная перекрестная проверка, т. е. обучающая выборка была разделена на 10 равных частей, и модель обучалась на каждом из 10 сочетаний из 9 частей, используя оставшуюся часть выборки для оценки точности классификации. Итоговый показатель качества классификации рассчитывался как среднее арифметическое всех оценок точности классификации. Процедура оптимизации использовала поиск по сетке с использованием мультипликативного шага, т.е. последующее значение рассчитывалось путем умножения значения шага на предыдущее значение.

На первом этапе выбрал относительно большие («грубые») значения мультипликативного шага, равного для обоих параметров 10, для получения ориентировочных значений искомых параметров. Начальные и конечные значения параметров C и γ приняты равными, соответственно, (0,01, 10000) и (0,001, 1000). Полученные значения для параметров C и γ оказались равными, соответственно, 100 и 10. На втором этапе значения шага уменьшил до 2 с ограничением начальных и конечных значений параметров C и γ , соответственно, до (16, 4096) и (1, 64), т.е. до окрестностей полученных на первом этапе значений параметров.

Полученные оптимизированные значения параметров C и γ , соответственно равные 32 и 16, использовал далее для тематической классификации спутникового снимка территории исследования. Использована реализация SVM в библиотеке libSVM [4]. Общая точность классификации, оцененная с помощью 10-кратной перекрестной проверки, составила 99,66%. Значение коэффициента каппа оказалось равным 0,986. Для оценки точности определения отдельных тематических классов в таблице 2 приведена матрица ошибок.

Таблица 2 – Матрица ошибок классификации поверхности юго-западной части торфяного месторождения Докудовское

	Класс	Результаты классификации		Точность производителя, %
		1	2	
Действительные данные	1	5926	9	99,8
	2	15	1011	98,5
	Точность пользователя, %	99,7	99,1	

Примечание: 1 – неперспективные для промышленной заготовки биомассы участки поверхности; 2 – перспективные для промышленной заготовки энерготехнологической биомассы фитоценозы.

Полученная тематическая карта выбывшей из промышленной эксплуатации и частично повторно обводненной юго-западной части торфяного месторождения Докудовское приведена на рисунке 1.

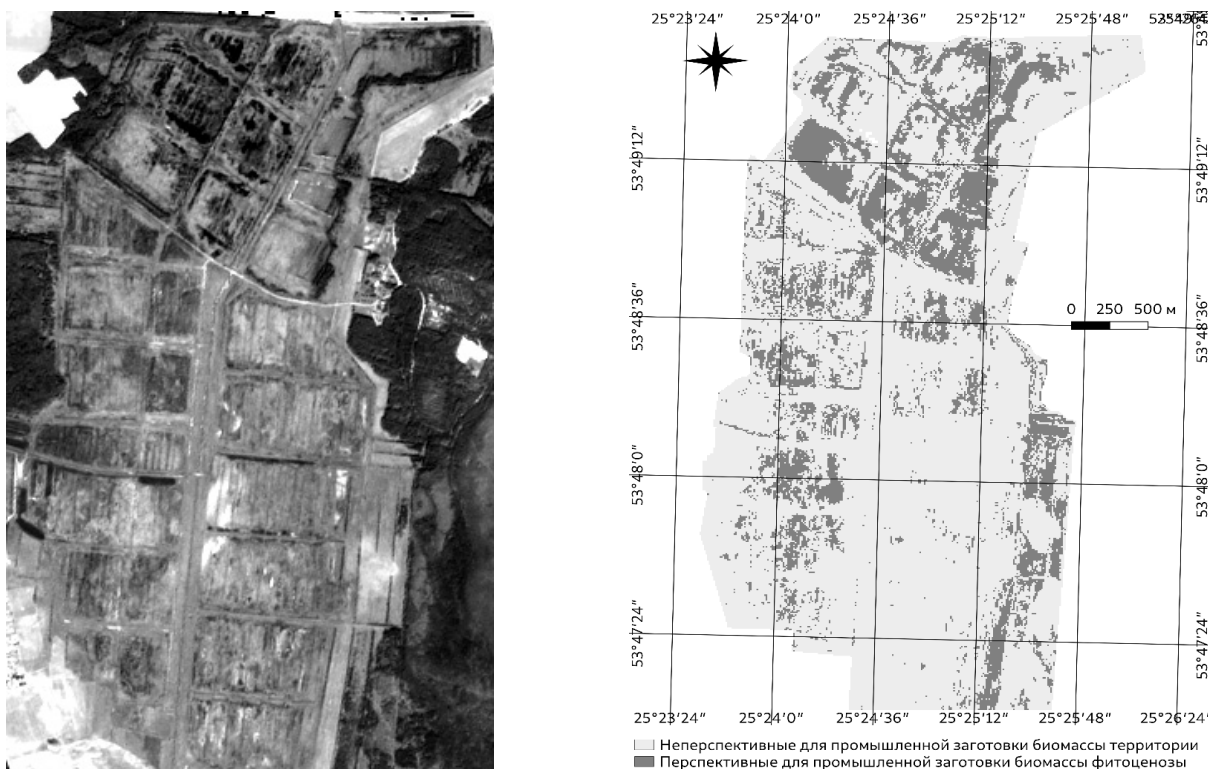


Рисунок 1 – а) фрагмент снимка Sentinel-2 юго-западной части торфяного месторождения Докудовское, RGB-визуализация; б) тематическая карта юго-западной части торфяного месторождения Докудовское по состоянию на 10.08.2018

Площадь перспективных для промышленной заготовки энерготехнологической биомассы фитоценозов составила 206,6 га, неперспективных для промышленной заготовки биомассы участков поверхности – 730,2 га.

По результатам подспутниковых исследований было установлено, что почти все перспективные для промышленной заготовки биомассы фитоценозы представлены тростниковыми сообществами, поэтому оценку запасов сырья на исследованном полигоне выполнил,

используя данные по надземной фитомассе тростниковых фитоценозов торфяного месторождения Докудовское из работы [5]. Фитомасса тростниковых фитоценозов при первом зимнем сборе равнялась 11,7 т/га сухого вещества, на второй год – 4,6 т/га сухого вещества [5].

Экстраполировав данные значения фитомассы на всю площадь перспективных для заготовки энерготехнологической биомассы фитоценозов (206,6 га), получил на зиму 2018–2019 годов 2417 т сухого вещества (на данной территории не проводилась промышленная заготовка энерготехнологической фитомассы). При повторной заготовке фитомассы с исследуемой территории зимой 2019–2020 годов можно было бы ожидать получение 950 т сухого вещества.

В заключение можно отметить, что приведенная методика применима к любым фитоценозам при соответствующем изменении тематических классов.

Список использованных источников

1. Brodu, N. Super-Resolving Multiresolution Images With Band-Independent Geometry of Multispectral Pixels // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2017. – Vol. 55, No. 8. – P.4610-4617.
2. Sen2Cor [Electronic resource]. – 2018. – Mode of access: <http://step.esa.int/main/third-party-plugins-2/sen2cor/>. – Date of access: 25.04.2018.
3. Cohen, J. A coefficient of agreement for nominal scales / J. Cohen // Educational and Psychological Measurement. – 1960. – Vol. 20, No. 1. – P. 37–46.
4. LIBSVM : a library for support vector machines / C.C. Chang, C.J. Lin // ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology. – 2011. – Vol. 2, iss. 3, art. 27. – P. 1–27.
5. Combustibility of biomass from wet fens in Belarus and its potential as a substitute for peat in fuel briquettes / W. Wichtmann [et al.] // Mires and Peat. – 2013. – Vol. 13, art. 6. – P. 1–10.

УДК 504.6:62/69

М.А. Ересько, канд. геогр. наук, Е.В. Баутрель
РУП «Бел НИЦ «Экология»

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ БЕЛАРУСИ

Экологизация сознания и мировоззрения человека обусловила актуальность и необходимость создания и развития систем мониторинга окружающей среды на уровне государства и их интеграции на уровне региона различной крупности (микро-, мезо-, макрорегион), что содействует укреплению принципов устойчивого развития общества, одним из которых является внедрение концепции зеленой экономики.

Изменение и дополнение национального природоохранного законодательства протекает в условиях недостатка обстоятельных фундаментальных исследований в сфере мониторинга окружающей среды. Отсутствие должного нормативного закрепления структуры и содержания информационных ресурсов в сфере мониторинга, а также установленных требований их соответствия современному уровню развития технологий привело к недостаточности в обеспечении информационных потребностей органов государственного управления и общественности в комплексной экологической информации о состоянии окружающей среды ввиду низкого уровня программного обеспечения, а также несопоставимости информационных ресурсов по отдельным видам и направлениям мониторинга.

Нормативная неурегулированность крупных блоков, составляющих неотъемлемую часть мониторинга – оценка состояния окружающей среды и прогноз ее изменения – не позволяет проводить глубокий анализ и сравнивать данные мониторинга на разных уровнях обобщения информации для различных территорий ввиду ее разобщенности, что обесценивает значимость мониторинга как основы формирования природоохранной политики государства.

Исходя из определения понятия «мониторинг», согласно абзацу 17 Закона Республики Беларусь от 26 ноября 1992 г № 1982-ХІІ «Об охране окружающей среды»[1], суть мониторинга окружающей среды заключается в оценке состояния окружающей среды и разработке прогноза ее изменений на региональном (континент, субконтинент, страна, область, район, речной бассейн) и локальном (населенный пункт, водоем, предприятие) уровнях под воздействием природных и антропогенных факторов на основании системы наблюдений.

Итогом функционирования и развития мониторинга окружающей среды является обеспечение информационных потребностей различных целевых групп (органы государственного управления, общественность), в том числе своевременное выявление негативных тенденций изменения состояния окружающей среды для разработки комплекса мероприятий по снижению антропогенного воздействия, предотвращению расширения зон экологического риска.

Проблема регулирования (и управления) качества природной среды опирается на экологическое прогнозирование и требует построения эколого-экономических моделей. В мировой практике нормы экологически допустимого воздействия вырабатывают путем применения методов математического моделирования, а также моделирования в лабораторных и натуральных условиях. При осуществлении нормирования важно установить приоритетность факторов и эффектов воздействия с точки зрения их критичности, что обуславливает структуру мероприятий по минимизации негативного влияния. В Республике Беларусь сектор экологического прогнозирования и моделирования представлен на уровне теоретических разработок и концепций, нормативно не урегулирован, факультативен при проведении мониторинга окружающей среды, что является одним из недостатков системы, не обеспечивающим достаточной глубины и полноты анализа данных, которая требуется в условиях современного уровня развития технологий.

Успешное регулирование качества природной среды основано на принципах рационального природопользования, которое базируется на ограничении интенсивности воздействия на экосистему ниже уровня допустимой нагрузки.

Определение допустимых для экосистемы антропогенных воздействий (на фоне естественной изменчивости ее состояния) основано на понятии экологического резерва данной системы и интервале допустимых колебаний ее состояния (в пределах гомеостатического плато, а иногда и за его пределами). Соотношение величины воздействия и амплитуды реагирования обуславливает устойчивость экосистемы. Экологические подходы (посредством выявления фонового состояния и степени устойчивости к внешнему негативному воздействию) к определению допустимых нагрузок отличаются от санитарно-гигиенических, целью которых является определение допустимого загрязнения среды посредством установления величин предельно/ориентировочно допустимых концентраций (ПДК/ОДК) поллютантов, превышение которых повлечет негативное воздействие на отдельный человеческий организм, а также население в целом. Основным критерием при определении допустимой экологической нагрузки является отсутствие снижения продуктивности, стабильности и разнообразия системы; гибель отдельного организма, особи не представляется в данном случае критической.

Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь является одним из основных источников экологической информации о состоянии почв республики. Мониторинг окружающей среды является основой и неотъемлемой частью при формировании решения ряда экологических проблем: деградация почв (в результате ветровой и водной эрозии, химического загрязнения) и опустынивание земель, сохранение ландшафтного и биологического разнообразия, загрязнение поверхностных и подземных вод.

В Республике Беларусь до настоящего времени отсутствует нормативно закреплённый алгоритм выявления уровней допустимых нагрузок на экосистемы, базирующийся на определении их устойчивости. Для оценки экологического состояния почв традиционно применяется санитарно-гигиенический подход: определение фактического содержания химического элемента/соединения, выраженное в долях предельно/ориентировочно допустимых

концентраций (ПДК/ОДК) поллютантов в почве [2] без учета экологических показателей устойчивости экосистем к антропогенным нагрузкам.

При этом в рамках проведения оценочных работ основное внимание концентрируется на выявлении превышений установленных нормативов. Это является неоправданным и не входит в цели мониторинга окружающей среды, как системы наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов [1]. Превышение установленных нормативов предельно допустимых концентраций химических веществ является одним из видов нарушений законодательства Республики Беларусь об охране окружающей среды. Выявление таких превышений является компетенцией органов контроля в области охраны окружающей среды, осуществляющих систему мер, направленных на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства Республики Беларусь об охране окружающей среды, обеспечение соблюдения юридическими лицами и гражданами, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность, требований в области охраны окружающей среды [1]. Смещение целей, задач и принципов мониторинга и контроля в области охраны окружающей среды недопустимо, так как приводит к стагнации развития Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь.

В настоящее время в рамках подпрограммы II ГНТП «Природопользование и экологические риски» выполняется задание «Разработать и научно обосновать методические подходы и критерии дифференцированного нормирования содержания химических веществ в землях (включая почвы) с учетом экологического риска». Исследование направлено на внедрение в широкую практику применения методического подхода дифференцированного нормирования содержания химических веществ в почвах разных категорий земель и территориальных зон населенных пунктов. Результаты работы будут основой перехода от санитарно-гигиенического к экологическому подходу нормирования. Ведется работа над проектом ТКП 17.03-XX-20XX (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Земли (включая почвы). Порядок проведения работ по дифференцированному нормированию содержания химических веществ в землях (включая почвы)».

Процедура дифференцированного нормирования содержания химических веществ/элементов в почвах включает ряд последовательно выполняемых этапов:

1. Нормируемое химическое вещество/элемент необходимо идентифицировать с точки зрения его принадлежности к той или иной группе в зависимости от наличия данных о его содержании в почвах. Для цели исследования определены четыре группы химических веществ/элементов.

2. Выбор фоновой величины либо гигиенического норматива – в зависимости от наличия данных.

3. Расчет приемлемого уровня содержания химического вещества/элемента в почвах проводится в зависимости от принадлежности этого химического вещества/элемента к одной из четырех групп.

4. Расчет пороговых величин с применением следующих коэффициентов:

1 – для категорий земель: природоохранного, оздоровительного, рекреационного, историко-культурного назначения; лесного фонда; водного фонда; для территориальных зон по преимущественному функциональному использованию территорий населенных пунктов – рекреационных зон;

2 – для категорий земель: сельскохозяйственного назначения; земель населенных пунктов, садоводческих товариществ, дачных кооперативов; для территориальных зон по преимущественному функциональному использованию территорий населенных пунктов – сельскохозяйственных зон; жилых зон; общественно-деловых зон;

3 – для земель запаса;

4 – для категорий земель: промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны и иного назначения; для территориальных зон по преимущественному функциональному использованию территорий населенных пунктов – иных территориальных зон, определенных

законодательством, зон специального назначения, зон транспортной, инженерной инфраструктуры, производственных зон.

Учитывая свойства почв удерживать в неподвижном состоянии разное количество поллютантов в зависимости от буферности, при расчете пороговых значений для дифференциации нормативов содержания поллютантов применены следующие коэффициенты, основанные на результатах исследования буферной способности почв Беларуси [3]:

- 1,1 – для песчаных почв;
- 1,7 – для супесчаных почв;
- 2,1 – для суглинистых почв.

Внедрение в практику алгоритма дифференцированного нормирования содержания химических веществ/элементов в почвах позволит внедрить экологический подход к нормированию.

В настоящее время по-прежнему остается актуальной проблема реализации принципа комплексности обработки и использования экологической информации, обозначенного в пункте 3 Положения о Национальной системе мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь, утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 14 июля 2003 г. № 949 [4]. Информационно-аналитические центры видов мониторинга Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь осуществляют обобщение и анализ первичных данных только в рамках определенного вида мониторинга – по компонентам природы (почва, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, в том числе озоновый слой, растительный (в том числе леса) и животный мир), либо процессам (сейсмичность, тектоническая активность, изменение параметров гравитационного и геомагнитного полей – в рамках геофизического мониторинга), либо в рамках наблюдений за динамикой антропогенного воздействия (радиационный мониторинг, локальный мониторинг). Одновременно в рамках одного вида мониторинга обобщение первичных данных проводят по конкретным направлениям наблюдений. Наблюдения за состоянием почв осуществляют в рамках мониторинга земель (в городах, на придорожных полосах, на землях сельскохозяйственного назначения), локального мониторинга, радиационного мониторинга. Однако анализ данных по каждому виду наблюдений проводят обособленно. Отсутствует механизм комплексной оценки почв экосистем (городских, агроэкосистем и т. д.).

Аналогично, не применяется на практике комплексная оценка экологического состояния вод, наблюдения за которыми проводят в рамках мониторинга поверхностных вод, мониторинга подземных вод, локального мониторинга, радиационного мониторинга. Наряду с этим полностью отсутствуют подходы и методы *комплексной оценки состояния экосистем территорий* в разрезе административно-территориальных единиц, прогнозирование и планирование вариантов развития территории в зависимости от ее устойчивости к воздействию [5].

Перспективным направлением развития Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь является применение данных дистанционного зондирования для оценки экологического состояния почв, а также комплексной оценки состояния экосистем. Мониторинг земель, а также локальный мониторинг земель с применением данных дистанционного зондирования атмосферы позволит оценить степень и масштабы проявления различных видов деградации земель: водная и ветровая эрозии, минерализация торфа на осушенных торфяниках, опустынивание, остепнение, химическая деградация. Данные о динамике площадей земель, подверженных различным видам деградации, необходимы для оценки причиненного экологического ущерба, установления/исключения вины природопользователя (например, в случаях, когда привнесенные тяжелые металлы являются трансграничными по происхождению и не связаны с непосредственным воздействием предприятия).

Для управления экологической безопасностью и устойчивого использования природных ресурсов на республиканском и региональном уровнях необходимо внедрение новой научно обоснованной методологии оценки состояния территорий (административно-территориальных

и/или природных единиц) и отдельных экосистем, в том числе с применением ГИС-технологии, что позволит установить участки с повышенным риском возникновения неблагоприятных экологических ситуаций и разработать адекватную систему мероприятий по предотвращению деградации земель, сохранению ландшафтного и биологического разнообразия.

Одним из направлений интегрального подхода к комплексной оценке состояния окружающей среды призвана стать оценка устойчивости территории в условиях кислотной (щелочной) нагрузки, основанная на данных о кислотно-основной буферности почв [6] и указывающая на обусловленную и сформированную естественными факторами чувствительность оцениваемой территории к природному и антропогенному химическому воздействию. Значение емкости буферности почв к подкислению (подщелачиванию) отражает величину допустимого кислотного (щелочного) воздействия на почвы территории и является основой для расчета величин максимально возможной антропогенной нагрузки, не оказывающей негативное воздействие, не приводящей к ухудшению состояния окружающей среды.

Данные о кислотно-основной буферности почв исследуемой территории позволяют сравнить содержание поступающих в почву с атмосферными осадками и другими агентами кислотных (щелочных) компонентов с емкостью буферности, количественно выражающей максимально допустимую кислотную (щелочную) нагрузку, что позволяет прогнозировать изменения состояния конкретной территории. Высокая чувствительность территории к изменению реакции среды почв предопределяет и неустойчивость к иным факторам и агентам химического воздействия.

Внедрение данного направления позволит усилить экологическую составляющую в оценке состояния окружающей среды, основанную на анализе и интерпретации естественных параметров территории, в дополнение к санитарно-гигиенической составляющей (нацеленной на обеспечение окружающей среды, благоприятной для здоровья человека и не учитывающей вопросы сохранения ландшафтного и биологического разнообразия).

Список использованных источников

1. Об охране окружающей среды: Закон Респ. Беларусь, 26 ноября 1992 г., № 1982-ХІІ: в ред. Закона Респ. Беларусь от 31.12.2017 г. // Эталон-Беларусь [Электронный ресурс]. / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.
2. Гигиеническая оценка почвы населенных мест: Инструкция 2.1.7.11-12-5-2004: утв. Постановлением Гл. гос. санитарного врача 03 марта 2004 г., № 32 // Сборник нормативных документов по гигиенической оценке почвы населенных мест. – Минск, 2004. – С. 3–38.
3. Ересько, М.А. Оценка кислотно-основной буферности почв Западно-Белорусской физико-географической провинции: автореф. дисс. ... к-т геогр. наук: 25.03.01 / М.А. Ересько; Белорусский государственный университет. – Минск, 2016. – 24 с.
4. О Национальной системе мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь: Постановление Совета Министров Республики Беларусь, 14 июля 2003 г. № 949: В ред. постановления от 23.02.2018 г. № 150 // ИПС «Эталон» [Электронный ресурс]. / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.
5. Ересько, М.А. Роль и место данных дистанционного зондирования в системе экологического мониторинга Республики Беларусь / М.А. Ересько, А.В. Бобко, В.М. Бурак, Н.В. Клебанович, Н.В. Макаревич // Земля Беларуси. – 2017. – № 4 [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: http://belzeminfo.by/images/archive/2017/ZB_2017_4.pdf. – Дата доступа: 22.12.2017.
6. Ересько, М.А. Интегральный подход к комплексной оценке состояния окружающей среды в Республике Беларусь / М.А. Ересько // Природные ресурсы. – 2016. – № 2. – С. 86–100.

ОЦЕНКА НУЛЕВОГО ФОНА В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ БЕЛОРУССКОЙ АЭС

Начиная с 2006 г. Белгидромет принимал участие в работах по оценке нулевого фона в районе размещения Белорусской АЭС. Первые оценки радиационно-экологического состояния объектов окружающей среды были сделаны в период 2006-2010 гг. в ходе выполнения работ по выбору площадки строительства Белорусской АЭС. Работы проводились в рамках выполнения:

– Плана основных подготовительных работ, которые необходимо выполнить до начала строительства АЭС в Республике Беларусь;

– заданий Государственной научно-технической программы «Ядерно-физические технологии для народного хозяйства Беларуси» на 2006-2010 гг.;

Комплекса работ по изучению гидрологии, радиологии, экологии, условий землепользования, внеплощадочного водоснабжения и канализации, транспортных условий и выдачи мощности в энергосистему при размещении АЭС на Кукшиновской и Островецкой площадках.

В этот период был проведен сбор и анализ архивных данных по радиоактивному загрязнению природной среды, полученных как при обследовании территории республики в первый период после аварии на Чернобыльской АЭС, так и на стационарных пунктах наблюдений Белгидромета. Кроме того, были проведены экспедиционные обследования 30-км зоны вокруг предполагаемой площадки строительства АЭС.

Работы были продолжены в рамках выполнения договора с генеральным подрядчиком строительства Белорусской АЭС – ОАО Нижегородская инжиниринговая компания «Атом-энергопроект» (далее – ОАО «НИАЭП, г. Нижний Новгород»). В период 2012–2013 годы Белгидрометом совместно с Институтом природопользования Национальной академии наук Беларуси подготовлен проект программы радиационно-экологического мониторинга в период строительства Белорусской АЭС, который впоследствии стал основой для разработки генеральным подрядчиком Программы комплексного экологического мониторинга на период сооружения Белорусской АЭС (далее – Программа). Программа согласована с Департаментом по ядерной и радиационной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь и является основным документом, регламентирующим проведение комплексного экологического мониторинга в зоне наблюдения Белорусской АЭС¹, составной частью которого является радиационный мониторинг.

Миприроды Республики Беларусь в лице Белгидромета проводит радиационный мониторинг как в зоне наблюдения Белорусской АЭС (в рамках договорных обязательств с генеральным подрядчиком строительства АЭС, так и за зоной наблюдения в целях выполнения своих контролирующих функций, закрепленных в Законе Республики Беларусь «Об использовании атомной энергии».

Пункты наблюдений радиационного мониторинга, расположенные за зоной наблюдения Белорусской АЭС, в 2019 году включены в реестр пунктов наблюдений Национальной системы мониторинга в Республике Беларусь.

До начала эксплуатации АЭС основная цель проведения радиационного мониторинга – оценка нулевого радиационного фона. Это позволит в дальнейшем определить степень влияния АЭС на окружающую среду, разработать мероприятия для минимизации этого влияния. Для достижения основной цели выполняются следующие задачи:

– установление референтных уровней радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды для каждого пункта наблюдений;

– оценка корректности расположения пунктов наблюдений с точки зрения репрезентативности получаемых данных.

¹ Зона наблюдения Белорусской АЭС составляет 12,9 км

Объектами радиационного мониторинга являются атмосферный воздух, поверхностные воды и объекты гидросети (донные отложения, прибрежно-водная и водная растительность, ихтиофауна); подземные воды, в том числе питьевые; почва (земли); наземная растительность; компоненты агроэкосистем и продукция сельскохозяйственного производства, полученная в зоне наблюдения Белорусской АЭС.

Наблюдаемые показатели: уровни мощности дозы гамма-излучения, суммарная альфа- и бета-активность аэрозолей и естественных выпадений из атмосферы, суммарная альфа- и бета-активность поверхностных и подземных вод, содержание в объектах окружающей среды естественных радионуклидов, техногенных радионуклидов глобального происхождения и образующихся в результате эксплуатации АЭС.

В рамках реализации Плана основных мероприятий по созданию инфраструктуры гидрометеорологического и радиационно-экологического мониторинга в зоне влияния Белорусской АЭС, утвержденного начальником Белгидромета 5 октября 2016 г., в 2018 году организованы стационарные пункты наблюдения за содержанием радиоактивных аэрозолей в воздухе с отбором проб посредством фильтровентиляционных установок на ближайших к Белорусской АЭС метеостанциям – Лынтупы, Ошмяны, Нарочь. В отобранных пробах измеряется суммарная бета-активность и содержание гамма-излучающих радионуклидов, в том числе ^{131}I , который является индикатором наличия свежих радиоактивных выпадений.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Плотность загрязнения цезием-137

- < 0,0025 Ки/км²
- 0,0025 - 0,0035 Ки/км²
- 0,0035 - 0,0050 Ки/км²

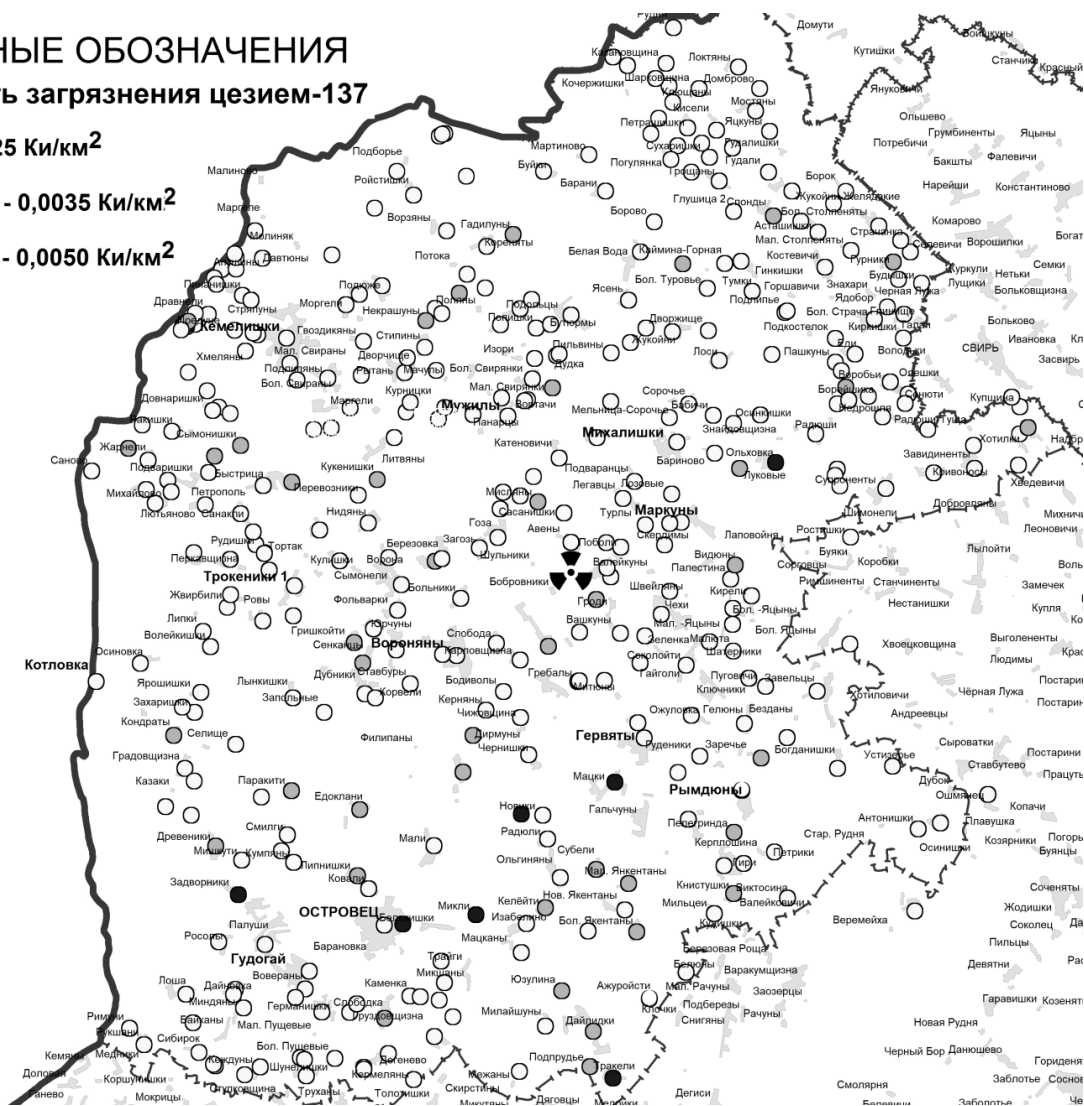


Рисунок 1 – Среднее значение плотности загрязнения цезием-137 населенных пунктов Островецкого района по состоянию на 1 января 2019 г.

Наблюдения за радиоактивным загрязнением поверхностных вод с 2017 года проводятся на трех пунктах наблюдений: р.Вилия (н.п. Быстрица), оз.Свирь, оз.Нарочь. Радиационный мониторинг почв осуществляется на четырех пунктах наблюдений.

Необходимо отметить, что территория вокруг площадки строительства АЭС практически не пострадала в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Анализ архивных данных результатов обследования всей территории Республики Беларусь в первые годы после чернобыльской катастрофы, хранящихся в банке данных Белгидромета RECONT, показал, что из 252 населенных пунктов, расположенных в радиусе 30-км от площадки сооружения Белорусской АЭС, 243 населенных пункта имеют среднюю плотность загрязнения цезием-137 менее $0,1 \text{ Ки/км}^2$ ($3,7 \text{ кБк/м}^2$), в 9 населенных пунктах средняя плотность загрязнения цезием-137 находится в пределах $0,1 - 0,28 \text{ Ки/км}^2$ ($3,7 - 10,4 \text{ кБк/м}^2$).

В пробах почвы, отобранных в 122 населенных пунктах, идентифицированы радионуклиды стронция-90, в 46 населенных пунктах – изотопы плутония.

На рисунке 1 представлена карта радиоактивного загрязнения цезием-137 территории Островецкого района по состоянию на январь 2019 г.

Результаты экспедиционных обследований, проведенных в последующие годы, а также результаты радиационного мониторинга полностью подтвердили имеющиеся сведения о радиационно-экологическом состоянии района строительства Белорусской АЭС.

Следует отметить, что некоторые вопросы, касающиеся оценки нулевого радиационного фона, остаются нерешенными в полной мере. Речь идет об определении содержания трития и углерода-14 в объектах окружающей среды, особенно в атмосферном воздухе, поскольку работа АЭС с водо-водяным энергетическим реактором приводит к образованию значительного количества этих изотопов.

В радиоактивном загрязнении окружающей среды тритий занимает особое место. В качестве источника излучения тритий считается одним из наименее опасных изотопов (допустимая объемная концентрация трития в воде по НРБ-2012 составляет 10000 Бк/л). Однако, физико-химические свойства трития, приводящие, в частности, к тому, что тритий становится составной частью молекул воды, а не химической примесью, создают более серьезную проблему, чем другие радиоактивные изотопы, попадающие в окружающую среду.

Опасность трития как источника внутреннего облучения вызвана тем, что по химическим свойствам он аналогичен стабильным изотопам водорода и может присутствовать во всем организме человека в количестве, зависящем от соотношения между тритием и водородом в окружающей среде. Потенциальная опасность трития связана также с его возможным усвоением генетическим материалом. Следует также учитывать, что благодаря своей подвижности тритий является глобальным загрязнителем. Поэтому при оценке радиационно-экологической безопасности любого объекта ядерной энергетики представляет существенный интерес определение накопления и миграции трития [1].

В соответствии с Программой данные виды наблюдений в обязательном порядке должны присутствовать в составе радиационного мониторинга в зоне наблюдения Белорусской АЭС.

В настоящее время в Республике Беларусь только две организации (Международный государственный экологический институт им. А.Д.Сахарова БГУ и Объединенный институт энергетических и ядерных исследований-Сосны НАН Беларуси) имеют необходимое оборудование – жидкостинцилляционные радиометры серии TRI-CARB и QUANTULUS и могут проводить измерения содержания трития в пробах воды.

Для выполнения Программы в полном объеме Белгидрометом к выполнению работ были привлечены в качестве соисполнителей Международный государственный экологический институт им. А.Д.Сахарова БГУ (определение трития в поверхностных и подземных водах) и ФГБУ «НПО «Тайфун», Российская Федерация (определение содержания трития и углерода-14 в приземном атмосферном воздухе). Таким образом, было обеспечено получение данных о фоновом содержании этих радионуклидов в объектах окружающей среды. Тем не менее, Белгидромет был крайне заинтересован в проведении альтернативных измерений фонового содержания трития и углерода-14 в объектах окружающей среды, результаты которых позволили бы с уверенностью утверждать о корректности ранее полученных данных.

В марте 2019 года Республика Беларусь (в лице Института радиобиологии НАН Беларуси, Белгидромета и РНПЦ гигиены Министерства здравоохранения Республики Беларусь) приняла предложение от Лундского университета, Королевство Швеция, о проведении совместной работы по оценке нулевого фона в районе размещения Белорусской АЭС.

Специалисты Лундского университета имеют хороший опыт проведения исследований по оценке нулевого фона. В период 2017 – 2018 гг. командой ученых было проведено обследование зоны наблюдения строящегося в Швеции протонного ускорителя (ESS – EuropeanSpallationSource). С точки зрения требований к радиационной и ядерной безопасности протонный ускоритель относится к ядерным реакторам, поэтому к нему была применена процедура оценки нулевого фона. Была выполнена обширная программа исследований, включающая проведение гамма-спектрометрических анализов образцов почвы, травы, донных отложений, в том числе *insitu*, определение содержания трития в поверхностных, грунтовых водах и в аэрозолях, определение углерода-14 в образцах травы, мхов, лишайников, молока, сельскохозяйственной продукции, атмосфере. Точки отбора образцов и измерений радиационных параметров располагались по всем направлениям ветра с учетом плотности населения и ненарушенности почвенного покрова[2]. Аналогичные подходы к оценке «нулевого» фона специалисты Лундского университета предложили применить и для Белорусской АЭС.

Таблица – Предполагаемый объем работ по оценке “нулевого” радиационного фона в районе расположения Белорусской АЭС в рамках белорусско-шведского сотрудничества

Тип пробы	Кол-во проб	Тип анализа	Локализация точек отбора
Почва (послойный отбор на глубину 25 см)	8x36	γ-спектрометрия	36 площадок пробоотбора в радиусе 20 км
Почва (глубина 7 см)	4x36	γ-спектрометрия	36 площадок пробоотбора в радиусе 20 км
Трава	1 м ² x36	γ-спектрометрия, ¹⁴ C**	36 площадок пробоотбора в радиусе 20 км
Молоко	БОД	γ-спектрометрия, ¹⁴ C	Населенные пункты, где будет доступен пробоотбор молока
Зерновые	БОД	γ-спектрометрия, ¹⁴ C, ³ H	Земли сельскохозяйственного назначения в радиусе 20 км
Биоиндикаторы	БОД	γ-спектрометрия, ¹⁴ C, ³ H	Площадки, где имеются в наличии репрезентативные виды биоиндикаторов
Грунтовые воды	БОД	γ-спектрометрия, ³ H	Колодцы в населенных пунктах, расположенных в радиусе 20 км
Поверхностные воды	БОД	γ-спектрометрия, ³ H	Пруды, озера, реки в радиусе 20 км
Деревья (годовые кольца)	БОД	¹⁴ C	1-2 площадки пробоотбора, деревья старше 40 лет

*БОД – будет определено дополнительно;

**отбор проб для определения ¹⁴C будет проводится на ограниченном количестве площадок.

В таблице представлена матрица пробоотбора с указанием локализации точек отбора и контролируемых параметров, которую предложили использовать шведские специалисты при проведении совместной экспедиции в район размещения Белорусской АЭС.

Пробы объектов окружающей среды для последующего проведения гамма-спектрометрического анализа будут отбираться как шведскими специалистами, так и белорусскими. Отбор проб и определение в них содержания трития и углерода-14 будут проведены только специалистами Лундского университета.

Кроме 20-км зоны вокруг Белорусской АЭС шведские коллеги планируют осуществить отбор проб объектов окружающей среды на территории Литовской Республики, в приграничных районах, наиболее близко расположенных к Белорусской АЭС.

Таким образом, обследование района размещения Белорусской АЭС, которое планируется провести в рамках белорусско-шведского сотрудничества, будет способствовать решению двух важных задач:

- получение независимой оценки “нулевого” радиационного фона в районе размещения Белорусской АЭС;
- получение альтернативных результатов измерений трития и углерода-14 в объектах окружающей среды в районе размещения Белорусской АЭС.

Проведение независимой оценки “нулевого” радиационного фона в районе размещения Белорусской АЭС будет способствовать снижению социальной напряженности, которая обусловлена предыдущими радиационными авариями.

Сбор и накопление данных об уровнях содержания естественных и техногенных радионуклидов в объектах окружающей среды в районе размещения Белорусской АЭС позволит в дальнейшем определить степень влияния АЭС на окружающую среду, разработать мероприятия для минимизации этого влияния.

Поскольку Белорусская АЭС расположена в непосредственной близости от границы с Литовской Республикой, которая с самого начала строительства и до сегодняшнего дня выражает свою озабоченность в отношении безопасности строящейся станции, участие независимых экспертов в оценке радиационно-экологического состояния окружающей среды вокруг АЭС является одним из важнейших элементов, обеспечивающих выполнение положений Конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (Конвенции Эспо) и Конвенции о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды (Орхусская конвенция). Реализация совместного белорусско-шведского проекта продемонстрирует общественности прозрачность процессов, связанных с осуществлением контрольных функций Минприроды в отношении безопасности для окружающей среды Белорусской АЭС, а также будет способствовать повышению доверия к результатам радиационного мониторинга и подтвердит достоверность и репрезентативность получаемых данных.

Список использованных источников

1. В.А. Наумов, С.Г. Климин. Тритий в проблеме радиоэкологической безопасности Кольского региона. Вестник МГТУ, том 1, № 3, 1998 г., с. 145-150.

2. Christian Bernhardsson, Kristina Stenström, Mattias Jönsson, Sören Mattsson, Guillaume Pedehontaa-Hiaa, Christopher Rääf, Kurt Sundin, Lovisa Waldner. Assessment of "ZeroPoint" radiation around the ESS facility [Электронный ресурс] / Lund University, Department of Physics, Division of Nuclear Physics. – 2019 Feb 4. – Режим доступа: https://portal.research.lu.se/portal/files/57600811/ESS_Zero_Point_public_190204.pdf. – Дата доступа: 14.05.2019.

УДК 581.331/332.083.32

С.С. Позняк, проф., д-р с/х наук

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, г. Минск

О.М. Конопелько, магистр техн. наук

Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», г. Минск

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРАКТИКЕ СУДЕБНО-БОТАНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Спорово-пыльцевой анализ широко применяется в мировой практике в палинологических исследованиях:

- для определения географического района происхождения растительных объектов (United States, Brazil на примере табака);

- для сравнения почвенных образцов с места происшествия с образцами наслоений на одежде (UnitedStates, Spain);
- для установления лжесвидетельствования о пребывании субъекта на месте преступления с целью избегания уголовного преследования (UnitedStates).

При расследовании преступлений уголовного и административного характера возникает необходимость в проведении экспертного исследования растительных объектов, т.к. в своей жизнедеятельности человек непрерывно соприкасается с растениями, продуктами и изделиями из растительного сырья.

Экспертиза объектов растительного происхождения способствует научно обоснованному проведению следствия, являющемуся залогом справедливого приговора, и создает дополнительные гарантии против необоснованного привлечения граждан к судебной ответственности.

Палинологическая экспертиза позволяет получить критически важную информацию о событии преступления без лишних временных затрат и дополнительных денежных средств. Результаты подобных экспертиз требуют практического подтверждения на конкретных примерах по конкретным регионам для формирования глобальных баз данных и объективной интерпретации этих данных.

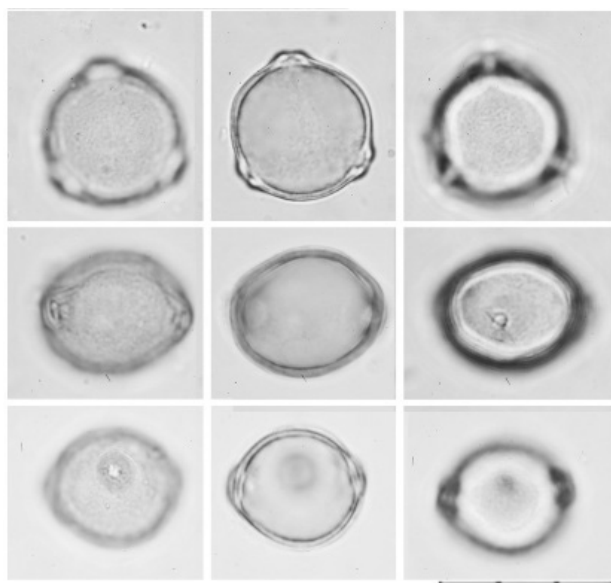
Использование растительных объектов позволят более полно решить проблемы, существующие в области судебно-ботанической экспертизы, и обеспечить правоохранительные органы действенными методами получения новой доказательственной информации.

Особое внимание в работе направлено на изучение принципиальных возможностей применения новых методов анализа при изучении экспертных образцов, а также на разработку более совершенных экспертных методов и методик исследования.

В наших исследованиях применялся сепарационный метод выделения спороморф из почвы, разработанный В.П. Гричуком (Гричук, Заклинская, 1948; Пыльцевой анализ, 1950), позволяющий выделить наибольшее количество пыльцы и спор вместе с другими органическими остатками.

Почва, обработанная едкой щелочью (KOH или NaOH) центрифугировалась в тяжелой жидкости с удельным весом выше, удельного веса пыльцы. В такой жидкости органические остатки (пыльца) всплывают наверх, а минеральные частицы оседают на дно. Проба несколько раз разбавлялась водой и центрифугировалась. В результате на дне пробирки собирается осадок, состоящий из органических остатков, которые готовы к изучению под микроскопом.

Далее осуществлялся последовательный просмотр препарата параллельными рядами, начиная с нижнего левого угла покровного стекла и заканчивая правым верхним углом при увеличении $\times 40$ (рисунок 1).



Световая микроскопия

20 mm

Рисунок 1 – Изображения пыльцевых зерен, полученные при помощи светового микроскопа

Для исследования пыльцы и спор нами использовался световой бинокулярный биологический микроскоп МИКМЕД 6, оснащенный фотокамерой.

Изучение органического осадка проводилось на подвижном препарате для того, чтобы имелась возможность при необходимости повернуть пыльцевое зерно как в полярное, так и экваториальное положение, и хорошо рассмотреть особенности его строения и скульптуру поверхности, а также измерить основные морфометрические показатели или сфотографировать.

С помощью фотокамеры получали фотоизображения в полярном и экваториальном виде (рисунок 2).

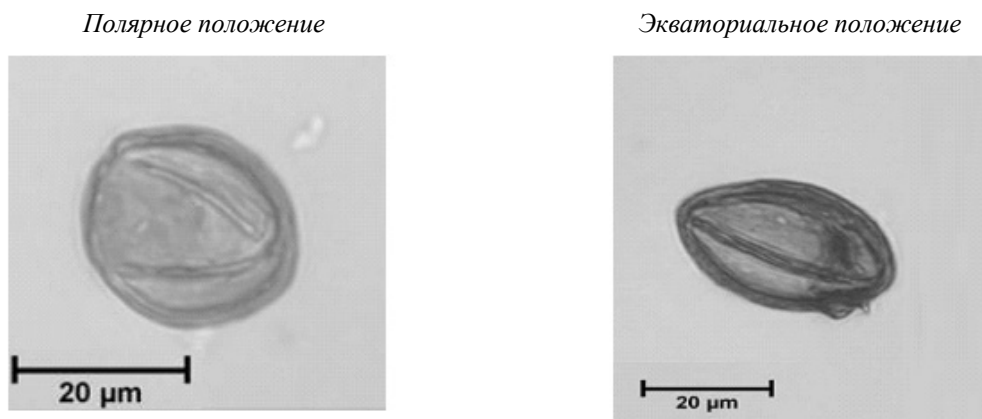


Рисунок 2 – Изображения пыльцевых зерен клена остролистного (*Acer platanoides*) в полярном и экваториальном положениях.

Для того чтобы визуализировать цифровые изображения и упростить работу с ними был создан макет альбома «Пыльца древесных, кустарниковых и травянистых растений, произрастающих на территории Республики Беларусь» для решения идентификационных и диагностических задач в экспертизе (рисунок 3).

Береза карликовая	<i>Betulanana</i>
Березовые	<i>Betulaceae</i>

Общее описание: листопадный сильно ветвистый кустарник высотой 20—70 (до 120) см, с приподнимающимися или распростёртымипобегами. Молодые побеги густо бархатистые или пушистые, позже почти голые, с тёмно-коричневой или красновато-тёмно-бурой корой.

Листья округлые или овальные, длиной в 5-15 мм, шириной в 10-20 мм, с зубчатыми краями, расположены поочередно, растут на коротких черешках длиной 4-5 мм. Верхняя сторона листа темно-зеленая, блестящая, нижняя – светло-зеленая, пушистая. Осенью листья приобретают ярко-красный цвет.

Цветки мелкие, невзрачные, однополые. Цветёт до распускания листьев.

Плоды формируется в виде мелких эллиптических орешков длиной в 2 мм и шириной в 1 мм, с очень узкими перепончатыми крылышками по бокам.

Месторасположение: на хорошо освещенных местах, или в полутени, могут расти на болотах.

Размножение: семенами, черенками, отводками (цепляются корнями на ветвях за каждый пригодный для питания и роста клочок земли).

Время цветения и пыления: апрель – май.



Описание пыльцевых зерен:

3-поровые, почти шаровидные или сплюснутые.

Единица распространения:

Форма пыльцевого зерна:

- в полярном положении: округлые или округло-треугольные
- в экваториальном положении: широкоэллиптические

Размер пыльцевого зерна:

- диаметр поры с ободком: 6.2-10.0 мкм
- высота поры: 1,7 мкм
- диаметр отверстия поры: до 3,4 мкм
- в полярном положении: 14.4 – 21.6 мкм
- в экваториальном положении: 14.4(18.0) – 25.2(36.0) мкм

Толщина экзины: 1.5 (1.7) мкм.

Скульптура (СМ): мелкая, слабо заметная, угловатоморщинистая.

Апертура:

- размер:
- скульптура: мелкая
- количество:
- положение:
- тип:
- особенности: поры слегка возвышающиеся над общей поверхностью зерен, края пор чаще неровные, камера поры щелевидная, покров над камерой слабо утолщен.

Цвет пыльцы: желтый

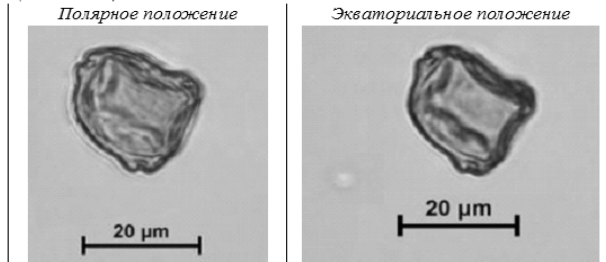


Рисунок 3 – Макет альбома «Пыльца древесных, кустарниковых и травянистых растений, произрастающих на территории Республики Беларусь»

В ходе выполнения исследований проведен отбор и определено строение пыльцевых зерен 50 образцов древесных, кустарниковых и травянистых растений, произрастающих в Республике Беларусь из которых приготовлено 35 микропрепаратов пыльцы высших растений, дана оценка криминалистической значимости их цифровых изображений.

С использованием альбома «Пыльца древесных, кустарниковых и травянистых растений, произрастающих на территории Республики Беларусь» были визуализированы цифровые изображения для идентификации пыльцевых зерен высших растений. Данную разработку рекомендуется использовать, как источник доказательной информации для решения идентификационных и диагностических задач. Внедрение результатов исследований в экспертную практику будет способствовать установлению существенных обстоятельств (виновность/невиновность субъекта, установление места произрастания объекта), а также значительно расширит возможности судебно-экологической экспертизы и повысит её эффективность.

Список использованных источников

1. Рудая Н. А. Палинологический анализ: учеб.-метод. пособие / Новосиб. гос. ун-т, Ин-т археол. и этногр. СО РАН. Новосибирск, 2010. 48 с.
2. Гричук В. П., Заклинская Е. Д. Пыльцевой анализ. М. : Госгеолиздат, 1950. – 571 с.
3. Сладков А. Н. Введение в спорово-пыльцевой анализ. М.: Наука. 1967. 270 с.

УДК 632.95.

М.И. Черник, доц., канд. вет. наук
БГТУ, г. Минск

ФАКТОРЫ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РИСК ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЕСТИЦИДОВ НА ПЧЕЛ

Пестицидная нагрузка на агроценоз в нашей стране в последние годы значительно возросла, и эта тенденция сохранится в ближайшие годы. Масштабное применение пестицидов, особенно системных пестицидов нового поколения из группы неоникотиноидов, токсичность которых для пчел в среднем в 7 тыс. раз превышает токсичность ДДТ и нарушение инструкций и правил применения химических средств защиты растений – одни из главных причин высокой гибели медоносных пчел и других насекомых-опылителей.

В мире насчитывается 20 000 видов диких пчел, а также большое количество видов бабочек, мух, мотыльков, ос, жуков, птиц, летучих мышей и других животных, участвующих в опылении растений. Эти животные опыляют сельскохозяйственные культуры и тем самым обеспечивают нас фруктами, овощами, семенами, орехами и маслами, которые являются важными источниками витаминов и минералов.

Благодаря пчелам в мире производится треть продовольствия, потребляемого человечеством. В опылении медоносными пчелами и дикими насекомыми-опылителями нуждаются 400 видов или 84% важнейших для человека растений. От опыления животными в мире в той или иной степени зависят 75% видов сельскохозяйственных культур и 90% видов диких цветковых растений.

Наряду с продовольственными культурами животные опыляют культуры, используемые для производства биотоплива, растительных волокон, медицинских препаратов, кормов для скота и материалов для строительства. Пчелиный воск используется при изготовлении свечей, музыкальных инструментов, произведений искусства, ремесленных и других изделий.

По оценкам германских и французских ученых, вклад медоносных пчел и других насекомых-опылителей в производство продовольственных культур в мире составляет 153 млрд. евро, или 9,5% от стоимости всех пищевых продуктов, потребляемых человечеством. Однако общий итог деятельности опылителей растений значительно превышает эту сумму, так как

оценить в денежном эквиваленте вклад пчел в поддержание биологического разнообразия на планете невозможно.

Тезис мировых СМИ и активистов экологических и других общественных организаций о том, что численность пчелиных семей в мире неуклонно снижается, опровергается результатами научных исследований многих ученых. Сокращение численности семей пчел имеет место лишь в отдельных странах, в то время как в мире имеет место обратная тенденция. Пчеловоды восстаивают потери пчелосемей и пока что справляются с этой проблемой достаточно успешно.

Вместе с тем во многих странах отмечается рост гибели пчел не только в период зимовки, но и в ходе пчеловодного сезона. Об этом, например, свидетельствуют официальные данные о гибели пчел в Европе и США [2].

Ученые выделяют около 60 основных причин массовой гибели пчел. В топ-10 принято включать распространение паразитов, болезней и естественных врагов пчел; ширящееся применение пестицидов в сельском хозяйстве; деградацию естественной кормовой базы пчел и аномалии глобального климата.

По мнению исследователей, одной из причин массовой гибели пчел является эволюция профессионального (коммерческого) сектора пчеловодства в «пчеловодных державах», сопровождающаяся расширением масштабов перевозок пчел и параллельно с этим – их паразитов и болезней. Наглядный пример этому – быстрое распространение по миру «азиатской» ноземы *Nosema ceranae* (Fries et al., 1996) [2, 4, 5].

Ранее допустимой нормой гибели пчел считалась потеря 10-15% медоносных пчел в год от болезней, бескормицы, ошибок пчеловодов и прочих факторов. По данным Международной федерации пчеловодных ассоциаций «Апимондия», из имевшихся в странах ЕС 13,6 млн. пчелиных семей в 2008 году погибло 30%. Миллионы ульев по всему миру опустели из-за таинственного исчезновения пчел, поставившего под угрозу выращивание более 100 культур, нуждающихся в опылителях.

Химические средства защиты растений при определенных условиях могут причинить большой ущерб пчеловодству. Пестициды попадают в пчелиные семьи с нектаром и пыльцой, в результате чего загрязняются кормовые запасы и товарная продукция. Наиболее опасны для пчел те пестициды, которые применяют для борьбы с вредными насекомыми и сорной растительностью [3].

Мировой рынок химических средств защиты растений (СЗР) в последние полвека развивался в среднем в 2–3 раза быстрее рынка меда. По прогнозам зарубежных и российских экспертов в ближайшее время этот разрыв будет увеличиваться. Соответственно возрастет и степень риска гибели медоносных пчел и других животных-опылителей от отравления их инсектицидами, гербицидами, фунгицидами и другими химическими препаратами. В первую очередь это коснется стран – лидеров мирового пчеловодства и рынка меда: Китая, Аргентины, Бразилии и Индии, которые одновременно лидируют и в области применения СЗР.

По характеру проникновения в организм пчел, пестициды подразделяются на контактные – действуют на пчел при попадании на поверхность их тела, кишечные – попадают в организм через органы пищеварения, фумигантные – через органы дыхания. А также пестициды комплексного действия (контактного, фумигантного и кишечного) [3].

В большинстве случаев отравление пчел происходит из-за несвоевременной информации пчеловодов о времени, месте и характере химических обработок, нарушения правил применения (обработки днем, в период нахождения пчел на медоносных растениях), а также использования заведомо опасных для пчел препаратов.

Воздействие пестицидов на пчел начинается с момента внесения их на обрабатываемую площадь. При этом пестицид может непосредственно попадать на отдельные особи при опрыскивании или опылении. Пчелы, контактируя с обработанной влажной либо уже подсохшей поверхностью, получают определенную дозу препарата. Фумигантное воздействие происходит при полете пчел над обработанной поверхностью, а кишечное – из источника воды, куда также способны попасть пестициды. Опасность пестицидов для пчел определяется многими факторами, которые можно объединить в четыре группы [1, 2].

Первая – факторы, связанные с погодно-климатическими условиями. Повышение температуры воздуха окружающей среды, как правило, приводит к усилению общей токсичности препаратов, обладающих положительным температурным коэффициентом, а также фуригантной токсичности (пестицид в газообразном состоянии поступает в организм насекомого через дыхательную систему). При повышенной температуре пчелы более активно посещают цветущие растения и в большей степени контактируют с обработанными растениями. Однако при сильной жаре из-за уменьшения нектаровыделения, летная активность пчел падает, а препараты гораздо быстрее испаряются и разлагаются на обработанных площадях и в воздухе. Повышение влажности воздуха – менее значимый фактор при воздействии пестицидов, хотя влага может растворять препараты и усиливать возможность кишечного воздействия. Осадки способны смывать часть пестицидов с обработанных растений на почву, но при увеличении температуры воздуха препараты быстрее переходят в газообразное состояние и, таким образом, происходит усиление фуригационного эффекта. Усиление ветра опасно при проведении обработок и после них – пестициды разносятся на необработываемые участки, и возрастает пространственный фуригационный эффект. Облачность и прохладная погода способствуют ослаблению быстрого влияния пестицидов на пчел, но при этом увеличивается длительность их воздействия.

Вторая группа факторов связана с используемыми препаратами. Специалистами установлены закономерности связи между токсической активностью инсектицидов для медоносной пчелы и строением молекулы вещества. Каждая группа пестицидов определенного класса химических соединений обладает специфическими свойствами, связанными с особенностями взаимодействовать с чувствительными рецепторами пчелы и производить токсический эффект. Например, синтетические пиретроиды характеризуются повышенной контактной активностью, а фосфорорганические – контактно-кишечной. Кроме того, независимо от класса химических соединений, один и тот же токсический эффект достигается меньшими дозами при многократном свободном приеме корма с токсикантом, чем при одноразовом употреблении пищи с этим же препаратом. Для пчел более опасно воздействие малых доз пестицидов, происходящее длительное время, чем разовое или кратковременное воздействие повышенных доз. Кроме этого имеет значение способность препаратов растворяться в воде, реагировать на изменение температуры, испаряться или возгоняться с обработанной поверхности, вступать во взаимодействие с другими ядохимикатами или соединениями, находящимися на обработанной поверхности, связываться растениями, почвенными частицами, мигрировать по пищевым цепям и т.д.

Имеет значение препаративная форма, в которой применяется препарат, ее физические свойства, содержание действующего вещества в препарате. Большое значение могут иметь репеллентные (отпугивающие) или, напротив, аттрактантные (привлекающие) свойства препаратов.

Третья группа факторов связана с особенностями обработки и способом внесения препаратов. Значение имеют норма расхода препарата, норма расхода рабочей жидкости и концентрация препарата в момент контакта его с пчелой, кратность обработок, технические особенности внесения, сезонность и время суток обработки, освещенность, расположение обрабатываемого участка относительно мест наибольшего посещения пчелами, состояние обрабатываемых растений и их привлекательность для пчел. Примечательно, что обработанное растение в каждый момент времени после обработки представляет разную степень опасности для пчелы.

Четвертая группа факторов определяется чувствительностью пчел к тому или иному препарату, где основными критериями является сила семьи, ее физиологическое состояние, возраст пчел, их активность. Например, внутриульевые пчелы устойчивее к инсектицидам, чем пчелы-сборщицы. Это связано с повышенной щелочностью среды пищевого тракта внутриульевых пчел, что усиливает гидролиз инсектицидов. Литературные источники свидетельствуют, что при контакте пчелы с пестицидом действует целый комплекс факторов, как взаимоослабляющих и взаимоусиливающих друг друга, так и меняющих конечный результат этого взаимодействия.

Наиболее опасно для пчел наземное и авиационное внесение инсектицидов, именно на них приходится до 95% отравлений пчел. Однако не следует считать безопасными другие

средства защиты растений: фунгициды, биопрепараты и удобрения. Дело в том, что кроме воздействия на пчел-сборщиц, указанные препараты, попав в ульи, не только воздействуют на внутриульевых пчел, расплод, матку, но и загрязняют продукты пчеловодства. Передвигаясь по обработанным растениям, пчелы-фуражиры контактным способом загрязняются препаратами и вместе с загрязненной цветочной пылью и нектаром приносят в улей вредные соединения, что уже представляет опасность для всех стадий развития пчел. При этом одновременно происходит загрязнение пчелопродукции: меда, перги, вошины, прополиса, маточного молочка, что представляет опасность для потребителя.

В Беларуси для оценки токсичности действующего вещества и препаративной формы для пчел установлены 5 классов токсичности и 3 класса опасности..

Таблица 1 – Классификации острой контактной токсичности пестицидов для медоносных пчел

Класс токсичности	LD50, мкг/пчелу
Чрезвычайно токсичный	≤0,1
Высокотоксичный	>0,1 – ≤1
Среднетоксичный	>1 – ≤10
Слаботоксичный	>10 – ≤100
Практически не токсичный	>100

Класс опасности пестицида определяется по коэффициентам риска контактного (КРк) и орального (КРо) воздействия для чего используется максимально рекомендуемая гектарная норма препарата в граммах действующего вещества на 1 га и наименьшие величины ЛД₅₀ в мкг/пчелу при контактном и оральном воздействии.

Таблица 2 – Классы опасности пестицидов для медоносных пчел по величине коэффициентов риска

Класс опасности		Величина КР
Высоко опасен	I	> 50
Средне опасен	II	26-50
Мало опасен	III	< 25

Пестициды, получившие государственную регистрацию до 2006 года классифицировались по четырем классам опасности:

- 1 класс опасности – высокоопасные для пчел
- 2 класс опасности – среднеопасные для пчел
- 3 класс опасности – малоопасные для пчел
- 4 класс опасности – практически неопасные для пчел

Пестициды, получившие государственную регистрацию с 2006 года и по настоящее время классифицируются по трем классам опасности.

Каждому классу опасности соответствует определенный экологический регламент применения пестицида:

- 1 класс опасности – высокоопасные.

Необходимо соблюдение экологического регламента:

- проведение обработки растений вечером после захода солнца;
- при скорости ветра 1–2 м/с;
- погранично-защитная зона для пчел – 4–5 км;
- ограничение лёта пчел – 4–6 суток.

- 2 класс опасности – среднеопасные.

Необходимо соблюдение экологического регламента:

- проведение обработки растений вечером после захода солнца;
- при скорости ветра 2–3 м/с;
- погранично-защитная зона для пчел 3–4 км;
- ограничение лёта пчел 2–3 суток.

3 класс опасности – малоопасные

Необходимо соблюдение экологического регламента:

- проведение обработки растений в утреннее или вечернее время;
- при скорости ветра 4–5 м/с;
- погранично-защитная зона для пчел 2–3 км;
- ограничение лёта пчел 3–24 часа.

Во всех случаях применение пестицидов требует соблюдения основных положений «Инструкции по профилактике отравления пчел пестицидами» (Москва, ГАП СССР 1989 г.); в частности, обязательно предварительное, за 4–5 суток, оповещение пчеловодов общественных и индивидуальных пасек (средствами печати, радио) о характере запланированного к использованию средства защиты растений, сроках и зонах его применения.

При проведении скрининга средств защиты растений, разрешенных для применения на территории РБ, нами установлено, что из всех существующих групп пестицидов наиболее токсичны для медоносной пчелы инсектициды. Доказано, что не все препараты этой группы в одинаковой степени губительно действуют на полезных насекомых данного вида. Будучи не схожими по химическому составу и строению молекулы, они существенно различаются по своей физиологической активности. Некоторые из них, обладая широким спектром действия против вредных членистоногих, проявляют весьма низкую токсическую активность в отношении медоносной пчелы. Причины данного явления пока не выяснены. И все же подавляющее число инсектицидов проявляет высокую токсичность для пчел, а применение многих из них в мероприятиях защиты растений сопряжено с большой опасностью интоксикации пчел. В то же время при использовании в полевых условиях некоторых высокотоксичных инсектицидов рядом исследователей отмечено удовлетворительное выживание пчел. Это обусловлено не только физиологическими причинами.

Общеизвестно, что процесс интоксикации любого живого организма возможен только при условии проникновения в него ядовитого вещества в количествах, достаточных для подавления жизненно важных систем и функций. Самым первым условием для этого является контакт и поступление токсиканта в организм любым из известных путей: через покровы – контактным способом, через органы дыхания – фумигантным и с пищей – трофическим. Именно трофический способ является главным экологическим фактором, определяющим возможность контакта медоносной пчелы с токсикантами, поскольку нектар и пыльца растений являются единственным полноценным для них кормом.

Исследования, проведенные рядом специалистов, свидетельствуют, что концентрация действующего вещества инсектицида, вызывающая отрицательную пищевую реакцию у сборщиц нектара или пыльцы, тесно коррелирует с токсической активностью данного соединения.

Вывод. Из всех существующих групп пестицидов наиболее токсичны для медоносной пчелы инсектициды. Подавляющее число инсектицидов, разрешенных для применения в нашей стране, проявляет высокую токсичность для пчел и применение многих из них в мероприятиях защиты растений сопряжено с большой опасностью интоксикации пчел.

Список использованных источников

1. Илларионов А.И. Токсикокинетика инсектицидов у медоносной пчелы // Агрехимия. №5. 1993. с. 90–95.
2. Массовая гибель пчел и ее причины. Электр. ресурс. – режим доступа: <http://www.apeworld.ru/1452890337.html>, свободный (15.03.2019).
3. Мировой рынок пестицидов в 2013 – 2017 гг. Что будет с пчелами и пчеловодством? Электр. ресурс. – режим доступа: <http://www.apeworld.ru/1344242484.html>, свободный (06.08.2019).
4. Lemaux P.G. Genetically engineered plants and foods: a scientists analysis of the issues (part II) // Annu. Rev. Plant. Biol. 2009, Vol. 60. P. 511–559.
5. MacKenzie. D. Honeybees under attack on all fronts // New Scientist 16 February 2009. [электр. ресурс]: newscientist.com.

КАТАЛАЗНАЯ И ДЕГИДРОГЕНАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ ДЕРНОВО–ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Введение. Ферментативная активность многофакторная и многофункциональная характеристика почв. Как наиболее адекватно отражающий изменений свойств почв этот показатель успешно применяется при мониторинге динамики почв [1] в условиях естественно-эволюционного развития и в результате антропогенных (агрогенных и техногенных) трансформаций.

По ферментативному разнообразию почва – самая богатая природная система, поскольку ферменты всех организмов в конечном итоге поступают в почву. Почва «как биохимическая система» [2] или «как система связанных (иммобилизованных) ферментов» [3] формируется и функционирует в качестве единого целого с согласованными и направленными биохимическими процессами, протекающими в ней, в результате многочисленных ферментативных реакций обмена веществом и энергией в биогеоценозах.

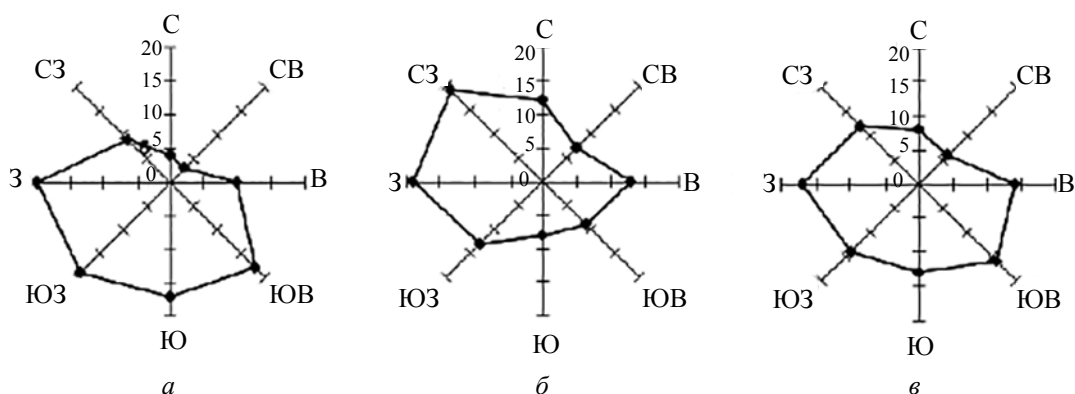
Ферменты в почвах играют важную биогеохимическую роль. Будучи мощными катализаторами биохимических процессов, они обеспечивают успешное осуществление системой «почва–микроорганизмы» ее главной общепланетарной функции – разрушения первичного органического вещества и синтеза вторичного, обогащения почвы биогенными элементами и гумусом. Тем самым ферменты участвуют в осуществлении важнейших биогеоценологических функций почвы – функции катализатора биохимических процессов и функции трансформатора веществ и энергии, находящихся в биогеоценозе или поступающих в него. Осуществляя функциональные связи между почвой и населяющими ее живыми организмами через механизмы вещественно-энергетического обмена, ферменты способствуют поддержанию целостности биогеоценоза (экосистемы), тем самым играют важную роль в экосистемных процессах и характеризуют качественное состояние почв [4].

Окислительно-восстановительные ферменты являются объектом внимания в связи с их большой ролью в процессах почвообразования. В связи с этим является актуальным количественная оценка активности каталазы и дегидрогеназы в дерново-подзолистых почвах в зоне влияния выбросов предприятия по производству строительных материалов (на примере ОАО «Красносельскстройматериалы», Беларусь).

Материалы и методы исследования. Объектом исследования служили образцы дерново-подзолистых почв лесных и прилегающих к ним сельскохозяйственных земель, отобранные на разном расстоянии от предприятия (1, 1.5, 2, 2.5, 3.5, 5 (6,5), 8, 15 км) с учетом «розы ветров» (СЗ, ЮЗ, СВ, ЮВ). Отбор проб проводился в соответствии с ГОСТ 28168–89 [5]. Отбор контрольных (фоновых) образцов почвы был осуществлен на расстоянии 15 км от источника загрязнения.

Климатические условия территории, прилегающей к цементному предприятию, оценивали по метеорологическим показателям Волковысской метеорологической станции. Преобладающими ветрами на протяжении всего года являются ветры западных и южных направлений. На рисунке 1 приведена роза ветров в зимние, летние месяцы и за год в целом.

Пробы почвенных образцов отбирали с помощью почвенного бура из горизонта 0–20 см. На каждой пробной площадке ($n = 60$) отбирали по пять проб пробоотборником. Почвенный покров территории исследования представлен дерново-подзолистыми песчаными почвами на моренных связных песках и супесчаными почвами на моренных пылевато-песчаных рыхлых супесях.



a – январь; *б* – июль; *в* – среднегодовая
Рисунок 1 – Повторяемость направлений ветра

Исследования биологической активности проводили в образцах летнего периода отбора (июль). Для определения активности каталазы – использовали газометрический метод по Галстяну [6]. Дегидрогеназную активность определяли по методу Ленарда в модификации Галстяна [6]. В основу определения дегидрогеназной активности почв было положено использование 2,3,5-трифенилтетразолий хлорида, который, акцептируя мобилизованный дегидрогеназой водород, превращается в 2,3,5-трифенилформаза, имеющий красную окраску. По интенсивности окраски колориметрическим способом измеряли количество формаза. Ферментативную активность почв определяли в пятикратной повторности в воздушно-сухих образцах.

Статистическая обработка данных включала: оценку формы распределения с помощью гистограмм и критериев Колмогорова-Смирнова с поправкой Лиллиефорса и Шапиро-Уилка; дисперсионный корреляционный анализы. Анализ данных проводился с помощью пакетов программ Excel 2016 и Statistica 10.

Результаты и их обсуждение. Одним из важных показателей состояния почвы и степени ее трансформации является реакция почвенной среды, с которой тесно взаимосвязаны процессы превращения минеральной и органической составляющих почв.

Поскольку цементная пыль распространяется воздушным путем, накопление карбонатов кальция наблюдается в поверхностных горизонтах и их содержание постепенно повышается по мере приближения к источнику загрязнения, что подтверждается подщелачиванием почвенной среды.

В таблице 1 представлен диапазон варьирования значений pH_{KCl} почвенных образцов территорий, прилегающих к цементному предприятию. Анализ pH_{KCl} дерново-подзолистых почв показал преобладание слабощелочных (при значениях pH_{KCl} от 7,06 до 7,42) и щелочных условий (при значениях pH_{KCl} от 7,55 до 8,09).

Таблица 1 – Реакция дерново-подзолистых почв в градиенте расстояния от источника загрязнения и направления ветра

Показатель	Направление ветра	Расстояние от источника загрязнения, км								
		1	1,5	2	2,5	3,5	5 (6,5)	8	контроль (фон)	
pH_{KCl}	лес	ЮЗ	6,81	7,20	7,06	7,31	6,21	6,10	–*	6,07
		ЮВ	7,35	7,61	6,71	–	5,21	–	5,32	6,10
		СЗ	7,42	7,55	–	–	6,95	6,82	5,67	3,99
		СВ	–	7,57	–	7,25	6,87	7,90	4,79	6,12
	поле	ЮЗ	–	–	–	–	–	–	–	–
		ЮВ	7,20	7,21	–	–	4,77	6,02	6,32	4,03
		СЗ	–	6,91	6,92	–	6,90	6,83	6,38	5,47
		СВ	7,57	–	7,30	7,25	7,12	8,09	–	4,67

Примечание. * – отсутствие возможности отбора проб почвенных образцов

Диапазон варьирования усредненных значений pH_{KCl} в градиенте расстояния от источника загрязнения и в зависимости от направления ветра для почвенных образцов лесных земель составил 6,44–6,88 ед., а для сельскохозяйственных земель – 6,30–7,47 ед. Следует отметить, что для почвенных образцов лесных земель с учетом розы ветров статистически достоверной разницы между средними значениями pH_{KCl} не было выявлено, однако, была выявлена статистически достоверная разница для почв сельскохозяйственных земель северо-восточного и юго-восточного направлений ($p = 0,0049$).

Закономерности перераспределения загрязняющих веществ, выбрасываемые в атмосферный воздух предприятием по производству строительных материалов, позволяют условно выделить 3 зоны с разным уровнем влияния промышленного предприятия на реакцию почвы. Для изученных дерново-подзолистых почв сельскохозяйственных земель установлена зона максимального влияния газопылевых выбросов цементного предприятия на реакцию почвы в градиенте 1–1,5 км, а для лесных земель – 1–2,5 км от источника загрязнения.

Одним из характерных показателей биологической активности почвы является активность каталазы. Каталаза разлагает ядовитую для клеток перекись водорода, образующуюся в процессе дыхания живых организмов и в результате различных биохимических реакций окисления органических веществ.

Для дерново-подзолистых почв, испытывающих воздействие газо-пылевых выбросов цементного предприятия, нами установлены следующие количественные значения каталазной активности, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Каталазная активность дерново-подзолистых почв в градиенте расстояния от источника загрязнения и направления ветра

Показатель		Направление	Расстояние от ИЗ, км							контроль
			1	1,5	2	2,5	3,5	6,5(5,0)	8	
Каталаза, мл O_2 /1 г/ 1 мин.	лес	ЮЗ	1,32	1,34	1,40	1,40	1,80	1,95	–	4,00
		ЮВ	0,37	0,87	–	–	1,57	–	1,90	7,00
		СЗ	0,80	0,90	–	–	1,10	1,50	2,00	2,13
		СВ	–	0,40	–	1,10	1,20	0,60	1,60	3,15
	поле	ЮЗ	–	–	–	–	–	–	–	–
		ЮВ	0,60	0,63	–	–	1,73	2,00	–	3,00
		СЗ	0,70	–	0,90	–	1,00	0,70	1,82	2,10
		СВ	0,50	–	0,49	0,50	1,2	1,15	1,35	1,25

Диапазон изменения активности каталазы (в градиенте 1–8 км от источника загрязнения) варьирует по всем направлениям ветра (за исключением юго-западного) в почвах лесных земель в пределах 0,98–1,26 мг, а в почвах сельскохозяйственных земель – 0,87–1,24 мл O_2 на 1 г в.-с. почвы за 1 мин. Максимальной каталазной активностью обладает почва под лесным фитоценозом юго-западного направления, где составляет 1,53 мл O_2 на 1 г в.-с. почвы за 1 мин.

В соответствии со шкалой оценки степени обогащенности почв ферментами (каталазой) по Звягинцеву, установлено, что почвы лесных и сельскохозяйственных земель во всех направлениях (за исключением юго-западного) в радиусе 2 км от источника загрязнения относятся к очень бедным, то есть <1 мл O_2 на 1 г в.-с. почвы за 1 мин.

Для оценки общего уровня биогенности почвы использована ее дегидрогеназная активность. Как известно, дегидрогеназы имеются у абсолютного большинства микроорганизмов, они характеризуют интенсивность процессов дегидрирования органических субстратов и метаболическую активность микрофлоры. В отличие от других ферментов, дегидрогеназы не имеют внеклеточного компонента, они не адсорбируются и не накапливаются в почве, дегидрирование органического субстрата идет за счет дегидрогеназ живых микробных клеток [7].

Именно поэтому дегидрогеназная активность относится к наиболее объективным характеристикам как актуальной численности, так и метаболической активности микробных сообществ почвы.

Для дерново-подзолистых почв, испытывающих воздействие газо-пылевых выбросов цементного предприятия, установлены значения дегидрогеназной активности, представленные в таблице 3.

В результате проведенных исследований выявлено, что минимальной дегидрогеназной активностью обладают почвы сельскохозяйственных земель юго-восточного направления в градиенте расстояния от источника загрязнения. В соответствии со шкалой оценки степени обогащенности почв ферментами (дегидрогеназой) по Звягинцеву, установлено, что данные почвы относятся к очень бедным, то есть < 1 мг ТТФ на 10 гв.–с. почвы за 24 часа. Снижение этого показателя свидетельствует об ухудшении условий для жизнедеятельности микроорганизмов, выделяющих дегидрогеназы.

Таблица 3 – Дегидрогеназная активность дерново-подзолистых почв в градиенте расстояния от источника загрязнения и направления ветра

Показатель		Направление	Расстояние от ИЗ, км							
			1	1,5	2	2,5	3,5	6,5(5,0)	8	контроль
ДГ, мг ТТФ/10 г / 24 ч	лес	ЮЗ	3,28	2,78	2,67	1,65	0,99	1,30	–	3,29
		ЮВ	0,39	0,62	1,95	–	1,07	–	1,01	4,59
		СЗ	1,16	0,72	–	–	1,08	0,63	0,90	1,40
		СВ	–	0,38	–	0,50	1,37	0,25	0,71	6,36
	поле	ЮЗ	–	–	–	–	–	–	–	–
		ЮВ	0,69	1,64	–	–	0,66	0,77	1,08	0,93
		СЗ	–	1,64	2,95	–	3,16	0,70	3,20	3,44
		СВ	2,92	–	0,86	2,14	1,77	1,08	–	2,78

Для выявления влияния отдельных экологических параметров нами была проведена обработка полученных данных многофакторным дисперсионным анализом.

Результаты дисперсионного анализа для изученных дерново-подзолистых почв лесных и сельскохозяйственных земель, прилегающих к цементному предприятию, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты многофакторного дисперсионного анализа влияния расстояния от источника загрязнения и реакции почвенной среды на каталазную активность почв лесных земель и сельскохозяйственных земель

Показатель		Статистические показатели	Расстояние от источника загрязнения	Реакция среды (pH _{KCl})
Каталаза, мл O ₂ /1 г/ 1 мин.	лес	η^2 , %	64,81	71,59
		F	4,99	11,59
		P	0,002*	0,000011
	поле	η^2 , %	62,8	90,24
		F	2,81	20,34
		P	0,072	0,000032

Примечание. * – Жирным шрифтом выделены значения при $p < 0,05$

Результаты дисперсионного анализа показали, что уровни влияния расстояния от источника загрязнения и реакции почвенной среды на активность каталазы достаточно высокие, однако не было обнаружено статистически достоверного влияния данных факторов на активность дегидрогеназы. На активность каталазы для почв лесных земель сила влияния расстояния от источника загрязнения составила 64,81 % и для сельскохозяйственных земель – 62,8 %. При этом сила влияния реакции почвенной среды (pH_{KCl}) на активность фермента каталазы для почв лесных земель составила от 71,59 %, а для почв сельскохозяйственных земель – 90,24%. Отмечено изменение влияния реакции почвенной среды на активность каталазы отрицательной взаимосвязью (для почв лесных земель – $r = -0,86$, а для почв сельскохозяйственных земель – $r = -0,74$ при $p < 0,05$).

Заключение. В результате проведенных нами исследований дерново-подзолистых почв лесных и сельскохозяйственных земель выявлены значения рН почвенной среды в градиенте расстояния от источника загрязнения и с учетом розы ветров. Анализ рН_{KCl} почв показал, что в 42 % от исследованных образцов почв, обнаружено смещение значений рН в слабощелочную и щелочную области. Такая реакция почвенной среды объясняется распространением цементной пыли и, в свою очередь, накоплением в поверхностных горизонтах карбонатов кальция.

Для изученных дерново-подзолистых почв лесных и сельскохозяйственных земель установлен уровень активности каталазы и дегидрогеназы в условиях воздействия предприятия по производству строительных материалов. Результаты дисперсионного анализа показали высокие уровни влияния расстояния от источника загрязнения и реакции почвенной среды лишь на активность каталазы почв лесных и сельскохозяйственных земель, что обосновывает необходимость дальнейшего изучения вопроса о влиянии факторов различной природы на биологическую активность почвы в условиях промышленного (цементного) загрязнения.

Список использованных источников

1. Казеев, К. Ш. Биология почв Юга России / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, В. Ф. Вальков. – Ростов н/Д: Изд-во ЦВВР, 2004. – 350 с.
2. Ковда, В. А. Основы учения о почвах. – М.: Наука. – 1973. – Т. 1. – 447 с.
3. McLaren, A. D. Soil as system of bound enzymes // Chem. and Ind. –1974. –№ 7. –Р. 316.
4. Хазиев, Ф. Х. Функциональная роль ферментов в почвенных процессах // Вестник АН РБ. – 2015. – Т.10. –№ 2. – С. 14–24.
5. Почвы. Отбор проб : ГОСТ 28168–89. – Введ. 01.04.90. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 7 с.
6. Хазиев, Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 1990. – 178 с.
7. Петерсон, Н. В. Окислительно-восстановительные условия и дегидрогеназная активность в некоторых почвах западных областей Украины / Н. В. Петерсон, Г. Т. Периг // Научные труды Львовского СХИ. – 1968. – № 17. – С. 76–84.

УДК 661.18

Н. Е. Сосновская, С. И. Коврик
Государственное научное учреждение
«Институт природопользования НАН Беларуси»

ПРИРОДНЫЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ИОНАМИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Техногенные загрязнения окружающей среды приводят к концентрированию ионов ТМ (ТМ) в прикорневом слое почв, что создает условия для их поступления в растения и в конечном итоге в пищу человека. Очистка почв от ионов ТМ представляет собой трудно решаемую практическую задачу, поскольку она предполагает сбор и удаление загрязняющих веществ с территории с максимально возможным сохранением плодородия. Значительно проще провести экологическую рекультивацию почвы путем перевода ионов ТМ в недоступные для растений формы.

В почвах наибольшую способность к связыванию ТМ с образованием нерастворимых металлгуминовых комплексов (МГК) проявляют гуминовые вещества, в частности, гуминовые кислоты (ГК). Учитывая трудность выделения МГК из природных объектов и особенно их идентификацию, получение и изучение их свойств было проведено на модельных опытах путем формирования МГК из моно- и поликатионных растворов ТМ. В нашу задачу входило исследование влияния условий взаимодействия на связывание катионов хрома (III), меди

и никеля растворами гуминовых кислот (ГК) осокового торфа (R= 25– 30%). Методика проведения эксперимента заключалась во введении щелочных растворов ГК в металлсодержащие растворы различных концентраций и объемов в статических условиях. Осадки, образованные при связывании, высушивали, прокаливали, обрабатывали раствором азотной кислоты, затем анализировали на содержание катионов на атомно-абсорбционном спектрометре «Сатурн-3П-1».

В растворах солей катионы находятся в различных гидратированных формах, поэтому получаемые в наших условиях осадки представляли смесь нерастворимых продуктов гидролиза солей и МГК. Чтобы оценить долю участия ГК и щелочи в связывании катионов и охарактеризовать состав образующихся осадков ввели коэффициент связывания (К), который равен отношению количества катионов, связанных непосредственно ГК, к количеству катионов, связанных щелочью при одинаковых условиях эксперимента:

$$K = \frac{\text{мг - экв/г ГК}}{\text{мг - экв/г NaOH}}$$

Для исследуемых катионов при увеличении доли ГК в соотношении Ме:ГК массовая доля гидроксидов металлов в осадках возрастает и значения К уменьшаются, что вызвано увеличением рН среды, в результате которого процесс образования гидроксидов металлов начинает преобладать над образованием МГК (табл. 1).

При использовании разбавленных растворов ГК (0,2 %) по сравнению с более концентрированными (0,4 %) зафиксированы более высокие значения К (табл. 1), что связано с проявлением межмолекулярных взаимодействий, приводящих к снижению числа ионизированных функциональных групп и уменьшению сорбционных свойств ГК. Указанные межмолекулярные взаимодействия влияют также на то, что для более концентрированных растворов ГК образование растворимых МГК наблюдается при больших количествах органического вещества в соотношении Ме:ГК.

Таблица 1 – Степень и коэффициенты связывания металлов ГК в монокатионных растворах

Соотношение Ме:ГК	0,2 % ГК						0,4 % ГК					
	Cr ³⁺		Cu ²⁺		Ni ²⁺		Cr ³⁺		Cu ²⁺		Ni ²⁺	
	К	F	К	F	К	F	К	F	К	F	К	F
10:1	3,8	13	2,6	11	1,9	15	2,4	10	1,7	8	1,1	11
5:1	2,8	17	1,9	17	1,0	43	2,0	13	1,4	12	0,9	24
2:1	1,7	31	0,9	31	0,8	65	1,1	25	1,0	31	0,6	42
1:1	0,7	89	0,4	85	0,5	78	1,4	41	0,8	36	0,3	54
1:2	*	*	*	*	*	*	1,2	97	0,7	92	*	*
1:2,5							*	*	*	*		

Примечания: К– коэффициент связывания; F– степень связывания (%); * – осадок не образуется.

Выявленные закономерности формирования МГК справедливы и для поликатионных растворов, однако в данном случае дополнительно проявляется влияние конкурентных реакций между катионами за реакционные центры ГК, в результате чего наблюдается тенденция к преимущественному связыванию одних ТМ перед другими. Так, в монокатионных растворах наиболее высокие значения К получены при связывании катионов хрома (табл. 1), по-видимому, они обладают большей склонностью к связыванию щелочными растворами ГК, чем катионы меди и никеля. Это предположение подтвердилось при изучении связывания ТМ в поликатионных растворах. Разница в значениях К (табл. 2) при изменении условий связывания катионов в хром-медь-никель поликатионных растворах свидетельствует о предпочтительном связывании катионов хрома ГК торфа.

Высокие значения К свидетельствуют о преобладании МГК в полученных осадках. Оценка состава осадков, образованных при взаимодействии исследованных катионов со щелочными растворами ГК, показала, что при определенных соотношениях Ме: ГК доля МГК в осадке может составлять 50– 70 % (рисунок).

Таблица 2 – Степень и коэффициенты связывания металлов щелочными растворами ГК в хром-медь-никель– поликатионном растворе

Соотношение (ΣMe):ГК	0,2 % ГК						0,4 % ГК					
	Cr ³⁺		Cu ²⁺		Ni ²⁺		Cr ³⁺		Cu ²⁺		Ni ²⁺	
	К	F	К	F	К	F	К	F	К	F	К	F
10:1	9,7	14	0	0	0	0	7,1	10	0	0	0	0
5:1	4,4	41	2,0	13	0,9	8	5,2	13	4,0	5	0	0
2:1	1,6	73	3,5	69	2,8	30	2,8	37	2,9	35	0,4	16
1:1	0,1	95	0,9	82	2,1	79	1,2	88	2,1	78	5,0	75
1:1,5	*	*	*	*	*	*	0,3	90	1,1	80	3,4	80
1:2							*	*	*	*	*	*

Примечание. Обозначения те же, что в табл. 1

С увеличением доли ГК в соотношении (ΣMe): ГК общее содержание МГК в осадках уменьшается, как и в случае монокатионных растворов, поскольку увеличивается рН среды, при этом доля гидроксидов может достигать 80 %.

Таким образом, изменяя условия связывания металлов (рН и соотношение Me:ГК), можно получать осадки, с количественным преобладанием одного из металлов в МГК, что является важным условием для их возможной дальнейшей утилизации.

Полученные данные также свидетельствуют о том, что коэффициенты связывания могут служить диагностической оценкой как для выделения определенного металла из поликатионных растворов, так и для определения состава осадков.

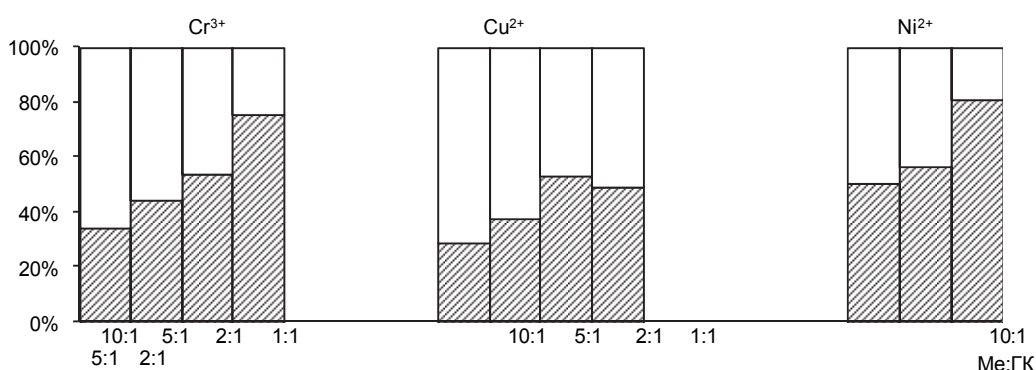


Рисунок – Эффективность связывания ТМ из растворов компонентами ГК при различных соотношениях Me:ГК, %. ▨ – NaOH, □ – ГК

Как было показано выше, содержащиеся в почве ионы ТМ, взаимодействуя с органическим веществом, образуют нерастворимые МГК и переводят в труднодоступные или недоступные для растений формы.

Повышение эффективности снижения поступления ионов ТМ в растения из почв можно достигнуть, внося органические удобрения в смеси с минеральными сорбентами. Среди природных минеральных сорбентов, встречающихся в Беларуси, наиболее перспективным является трепел. Трепел по внешнему виду почти не отличается от диатомита, представляет собой слабосцементированную очень легкую и пористую породу, состоящую из округлых частиц опалового кремнезема диаметром 1–2 мкм.

В качестве композиционных материалов, снижающих поступление ТМ в растения из Насыпная плотность порошка трепела колеблется в пределах 500–800 кг/м³, пористость трепела – 60–70%. Количество оксида кремния – порядка 70%, MgO и CaO – 0,7–1,1%. Трепел обладает большой микропористостью, малой насыпной плотностью и высокими сорбционными свойствами, поэтому введение его в состав мелиоранта в качестве активного компонента, сорбирующего ТМ, может быть целесообразным.

Загрязненной почвы, исследовали: торф, торфосапропелевый компост (ТСК), трепел и его смеси торфом и ТСК. Вегетационные опыты по выращиванию кукурузы гибрида «Молдавский ЗЗО» проводили на песчаной почве, загрязненной свинцом, кадмием и их смесями, содержание которых составляло 100 и 500 мг/кг.

Показано (табл. 3), что внесение композиционных материалов в загрязненные свинцом и кадмием почвы с уровнями содержания этих металлов, многократно превышающими ориентировочно и предельно допустимые концентрации, способствует уменьшению вредного воздействия ТМ на растения, а также уменьшению их поступления в растениеводческую продукцию, что объясняется комплексобразующей способностью исследованных материалов.

Таблица 3 – Сравнительная оценка влияния состава композиционных материалов на снижение поступления свинца и кадмия в растения

Вариант	Содержание в растениях, мг/кг		Средняя высота растений, см	Средняя сухая масса одного растения, г
	Pb	Cd		
1	2	3	4	5
Почва + Pb 100 мг/кг (фон 1)				
Фон 1	258,5	–	23,0	0,20
Фон 1+ торф	106,2	–	27,8	0,19
Фон 1 + ТСК	65,4	–	43,6	0,41
Фон 1 + трепел	52,9	–	29,8	0,25
Фон 1 + ТСК+трепел	23,6	–	57,9	0,57
Фон 1 + торф+ трепел	71,3	–	31,0	0,28
Почва + Pb 500 мг/кг (фон 2)				
Фон 2	995,5	–	17,0	0,13
Фон 2+ торф	298,8	–	21,3	0,23
Фон 2 + ТСК	197,2	–	38,5	0,40
Фон 2 + трепел	113,5	–	25,4	0,21
Фон 2 + ТСК+ трепел	76,3	–	51,7	0,63
Фон 2 + торф+ трепел	117,1	–	28,3	0,25
Почва + Cd 100мг/кг (фон 3)				
Фон 3	–	1060,8	10,2	0,04
Фон 3+ торф	–	109,5	28,6	0,22
Фон 3 + ТСК	–	73,7	26,0	0,20
Фон 3 + трепел	–	155,4	29,9	0,19
Фон 3 + ТСК+ трепел	–	35,2	31,0	0,22
Фон 3 + торф+ трепел	–	152,5	29,5	0,20
Почва + Cd 500мг/кг (фон 4)				
Фон 4	Гибель растений			
Фон 4+ торф		2074,8	3,5	0,02
Фон 4 + ТСК		1752,4	11,8	0,05
Фон 4 +трепел		2766,8	10,6	0,05
Фон 4 + ТСК+ трепел		290,9	18,0	0,15
Фон 4 + торф+ трепел		2356,6	7,5	0,06
Почва+ Pb 100мг/кг+ Cd 100мг/кг (фон 5)				
Фон 5	<0,10	841,2	12,8	0,06
Фон 5+ торф	<0,10	180,5	20,7	0,14
Фон 5 + ТСК	<0,10	137,7	22,3	0,16
Фон 5 + трепел	<0,10	186,5	21,2	0,14
Фон 5 + ТСК+ трепел	<0,10	57,6	25,6	0,23
Фон 5 + торф+ трепел	<0,10	177,3	21,7	0,15
Почва+ Pb 500мг/кг+ Cd 500мг/кг (фон 6)				
Фон 6	Гибель растений			
Фон 6+ торф	<0,10	1448,8	9,2	0,04
Фон 6 + ТСК+ трепел	<0,10	492,2	12,6	0,08
Фон 6 + торф+ трепел	<0,10	1234,6	9,7	0,04

Внесение в почву только трепела без органоматериалов уменьшает поступление в растения свинца в 4,9–8,8 раза по сравнению с фоновым вариантом, что однозначно свидетельствует об интенсивной сорбции свинца трепелом. По эффективности снижения поступления свинца в растения трепел существенно превосходил торф и ТСК, однако наилучший результат получен, когда в почву вносили трепел, смешанный с ТСК, в этом варианте снижение поступления свинца в растения достигало 11–13 раз по сравнению с фоном. Сочетание трепела с ТСК в 1,5–2 раза снижает поступление свинца в растения по сравнению с трепелом и в 2,8 раза – с ТСК. Эффективность композиционного материала подтверждается данными средней высоты и массы растений.

Аналогичные результаты получены при изучении влияния композиционных материалов на поступление в растения кадмия (табл. 3).

При совместном загрязнении почвы свинцом и кадмием в дозах по 100 мг/кг, сохраняются те же закономерности поступления кадмия в растения кукурузы, как и при загрязнении почвы только кадмием. В фоновом варианте растения кукурузы содержали 841 мг/кг кадмия, внесение торфа уменьшило его поступление в растения в 4,4 раза по сравнению с фоном (до 180 мг/кг), внесение ТСК – до 137 мг/кг, трепела – 186 мг/кг. Таким образом, трепел давал такой же эффект снижения поступления кадмия в растения, как и торф. Наименьшее поступление кадмия и наибольший рост и масса сухого вещества растений наблюдались при смешивании трепела с ТСК (58 мг/кг), что объясняется высокими сорбционными свойствами указанного композиционного материала. Последний композиционный материал по эффективности превосходил положительное действие каждого компонента по отдельности и максимально снижал поступление свинца в растения из почвы.

Таким образом, способность ГК образовывать нерастворимые МГК и высокая комплексообразующая способность смеси органоматериалов с природными минеральными материалами позволяют использовать их для снижения поступления ТМ в сельскохозяйственную продукцию при возделывании на загрязненных почвах.

УДК 636.087+662.641.2

А. Р. Цыганов, проф., д-р с.-х. наук; С. А. Линкевич, канд. с.-х. наук;
А. Э. Томсон, доц., канд. хим. наук, Г. В. Наумова, проф., д-р техн. наук,
Т. Ф. Овчинникова, канд. техн. наук; Т. В. Соколова, доц., к-т техн. наук;
Т. Я. Царюк, канд. техн. наук, Жмакова Н. А., канд. техн. наук;
Макарова Н. Л. канд. техн. наук; И. П. Фалюшина, мл. науч. сотр.;
А. А. Макеенко, мл. науч. сотр.

БГТУ, г. Минск, РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству»,
Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск

СФАГНОВЫЙ ТОРФ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОСТАВЕ КОРМОВЫХ ДОБАВОК

Одним из важных природных ресурсов Беларуси является торф, который широко используется как бытовое топливо, а также в сельском хозяйстве как источник гумуса в виде органических удобрений и мелиорантов.

Особое место среди торфяных отложений занимает малоразложившийся сфагновый торф. Он формируется на месторождениях верхового типа, образуя поверхностные слои залежи.

Наша республика располагает значительными запасами сфагнового торфа (более 200 млн. т), однако из-за низкой теплотворной способности он не пригоден как топливо, не востребован в тепличных хозяйствах в связи с их переходом на искусственные субстраты, не используется в качестве подстилки из-за высокого содержания скота и лишь в незначительных количествах расходуется в производстве грунтов.

Важно отметить, что при разработке торфяных месторождений верхового типа на топливо необходимо удалять поверхностные слои малоразложившегося торфа в течение ряда лет. При этом возникает проблема его рационального использования, тем более учитывая, что торф – медленно возобновляемое природное сырье, к которому необходим бережный подход.

К особенностям малоразложившегося сфагнового торфа относится его высокая влагопоглощающая способность, присутствие в его компонентном составе большого количества полисахаридов, представленных в основном гемицеллюлозами, а также наличие широкого спектра биологически активных веществ органической природы: пектины, флавоноиды, катехины, каротиноиды, витамины, органические кислоты и аминокислоты, а также фенольные соединения, придающие ему биоцидные свойства. Он является также источником никотиновой кислоты. Гуминовые вещества, содержащиеся в торфе, обладают биологической активностью, включая йод в органической форме.

В этой связи в настоящее время сфагновый торф рассматривается как богатый источник биологически активных веществ, а также энтеросорбент, который целесообразно использовать в составе кормовых добавок.

Беларусь относится к регионам с развитым многоотраслевым животноводством, которое обеспечивает не только внутренние потребности страны, но и поставку разнообразной продукции на международный рынок. Свиноводство – одна из основных и наиболее проблемных отраслей животноводства.

Сложным и ответственным периодом в кормлении свиней является переход от молочного вскармливания к твердым кормам. Осложнения, возникающие в это время, оказывают значительное влияние на производственные показатели, т.к. именно в это время закладывается будущая продуктивность животного, его здоровье и способность противостоять инфекционным заболеваниям. Поэтому особое внимание необходимо уделять полноценному специальному кормлению поросят-отъемышей.

В период отъема в возрасте 4-х недель у поросят значительно снижается активность лактазы – фермента, обеспечивающего усвоение молока, а активность других пищеварительных ферментов (протеаз, липаз, амилаз), участвующих в переваривании твердой растительной пищи, еще только начинает постепенно нарастать.

Кроме того, недостаточна выработка соляной кислоты, из-за чего в желудке не может поддерживаться уровень кислотности, необходимый для переваривания новых кормов. Это приводит к снижению активности пепсина, неполному перевариванию корма, развитию патогенной микрофлоры и накоплению кишечных токсинов [1].

Одним из способов решения указанной проблемы является введение в рацион поросят-отъемышей специальных кормовых добавок, обладающих энтеросорбционными свойствами [1].

Имеющийся научный и практический опыт свидетельствует, что высокоэффективным сорбентом является сфагновый торф. Попадая в кишечник, он сорбирует и выводит из организма токсины, газы, ионы тяжелых металлов, патогенные микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности, способствует нормализации микрофлоры кишечника, снижает содержание в крови билирубина и мочевины, улучшает липидный обмен. Эта способность обусловлена его химической природой.

Сфагновый торф, как известно, обладает также биоцидными и противовоспалительными свойствами [2]. Его применение в кормовых рационах животных позволяет предотвратить острые кишечные инфекции, заболевания печени, нарушения в обмене веществ [3].

Ценным источником биологически активных соединений в составе кормовых добавок являются также ростки солода – многотоннажный отход пивоваренного производства [4].

Для проведения исследований использовали ростки солода, предоставленные ОАО «Криница» (г. Минск) и торф месторождения «Радемье» (ОАО «Зеленоборское») Минской области.

Выбор торфа, пригодного для наших целей, проводили на основании его геоботанической характеристики, физико-химических свойств и сорбционной активности.

Геоботаническая характеристика торфа показала, что у него невысокая степень разложения (15–20 %), в ботаническом составе преобладают (60 %) остатки мха – *Sph. Magellanicum*.

При разработке базового состава новой кормовой добавки принимали во внимание, как особенности кормления поросят-отъемышей, так и имеющийся опыт по скормливаю отдельными материалами, их состав, свойства, совместимость в одной композиции и доступность.

С целью повышения привлекательности кормовой добавки для поросят было решено ввести в композицию небольшое количество сухого молока (ТУ РБ 415.95) следующего состава: 25 % жира, 24 % белка и 39 % углеводов.

Состав приготовленной смеси для получения кормовой добавки включал: 85 % торфа, 10 % ростков солода и 5 % сухого молока.

Физико-химическая характеристика этой композиции и ее компонентов показала, что сфагновый торф в сравнении с другими компонентами отличается сравнительно высокой влажностью – 52,5 %, зольность – 4,6 %, рН водной вытяжки – 3,3. Для ростков солода свойственно низкое содержание минеральных веществ – 2,3 %, но рН водной вытяжки значительно выше – 6,20, а влажность не превышает 12,8 %. Важным свойством сфагнового торфа, которое характеризует его способность к сорбции, является высокое водопоглощение – 420 %. Введение в состав композиции ростков солода и сухого молока незначительно влияет на этот показатель, снижая его до 415 %. Однако присутствие ростков солода заметно сказывается на кислотности целевого продукта. При этом рН водной вытяжки указанной смеси повышается до 5,7, приближаясь к нейтральной реакции среды. Сорбционные свойства торфа и базовой смеси оценивали также по поглотительной способности в отношении метиленового голубого и катионов тяжелых металлов (S мг/г).

Характеристика сорбционных свойств торфа *Sph. Magellanicum* (15–20 %) и опытного образца смеси представлена в табл. 1. Следует отметить, что торф содержит большее число карбоксильных групп и, следовательно, имеет несколько более высокие значения величины сорбции как по метиленовому голубому, так и по ионам тяжелых металлов. При этом разница невелика. Сопоставление значений величины сорбции с содержанием карбоксильных групп показывает, что данная величина по ионам свинца, меди и цинка превышает содержание свободных карбоксильных групп, что обусловлено как кулоновским, так и неспецифическим взаимодействием, включая комплексообразование с кислородсодержащими и аминокгруппами. Как торф, так и базовая смесь обладают высокой избирательностью поглощения тяжелых металлов. При этом если относительное сродство исследуемых ионов к торфу уменьшается в ряду $Pb > Cu > Zn > Cd$, то для кормовой добавки ряд сродства имеет следующий вид: $Pb > Cd > Cu > Zn$. Это связано с тем, что положение ионов металлов в ряду избирательности определяется не только наличием активных центров сорбции и природой катиона, но и условиями процесса. По-видимому, присутствие в базовой смеси ростков солода и сухого молока, значительно повышая рН среды, оказывает влияние на избирательность сорбции ионов. В результате базовая смесь обладает избирательностью поглощения особо опасных для здоровья ионов свинца и кадмия.

Таблица 1 – Сорбционные свойства и избирательность торфа *Sph. Magellanicum* и опытного образца смеси

Образец	COO– группы, мг-экв/г	$S, \frac{\text{мг/г}}{\text{мг-экв/г}}$				$K_d, \text{мл/г}$				
		Метиленовый голубой	Pb ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cd ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Pb ²⁺	Cd ²⁺
Сфагновый торф	1,20	115,4	$\frac{205,4}{2,0}$	$\frac{62,7}{1,9}$	$\frac{42,5}{1,3}$	$\frac{28,1}{0,5}$	3320,4	1403,6	31628,6	125,2
Базовый образец кормовой добавки	1,05	99,8	$\frac{204,4}{1,9}$	$\frac{49,7}{1,6}$	$\frac{35,7}{1,1}$	$\frac{95,4}{1,7}$	9160,3	3503,2	13366,7	11800,0

Таким образом, опытный образец базовой смеси на основе сфагнового торфа и ростков солода, обогащенный сухим молоком, имеет благоприятный для организма поросят рН, содержит присущие исходному сырью биологически активные соединения и обладает более высокой водопоглощающей способностью и сорбционной активностью по отношению к ионам тяжелых металлов, чем сфагновый торф.

Как известно, кормовые добавки, предназначенные для скармливания молодняку свиней (пороссятам-отъемышам), не рекомендуется применять в рассыпном виде из-за опасности попадания их в дыхательные пути животных. При этом наиболее эффективным и распространенным способом подготовки кормов для таких животных является их гранулирование.

Одним из наиболее эффективных и широко применяемых в комбикормовой промышленности способов формования сырья является экструзия. Экструдирование включает в себя несколько процессов: температурную обработку при 120°C, избыточное давление и механохимическое деформирование, что приводит к образованию гранул с микропористой структурой, которые обладают хорошими адсорбирующими свойствами. Метод экструзии был использован в дальнейшей работе в наших опытах для получения гранулированных кормовых добавок.

Для оценки качества гранул новой кормовой добавки их испытание в животноводстве на пороссятах-отъемышах, на полупромышленной установке ООО «ЭкоГранТорф» методом экструзии были получены опытные партии гранулированных кормовых добавок:

- образец № 1 – гранулированный сфагновый торф;
- образец кормовой добавки № 2, содержащий сфагновый торф, ростки солода, сухое молоко, и в качестве связующего – органический сапропель.

Физико-техническая характеристика и прочностные свойства экструдированного торфа и новой кормовой добавки, полученных в условиях опытно-промышленной установки, представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Физико-техническая характеристика и прочностные свойства экструдированных образцов сфагнового торфа и кормовой добавки

Образец	Влажность, %	Зольность А ^c , %	рН водной вытяжки	Водопоглощение, %	Прочность	
					на сжатие, МПа	к истиранию, фракция <0,25, %
Экструдированный торф	17,0	2,9	5,74	120,0	3,1	1,3
Экструдированная кормовая добавка	14,8	4,8	5,80	170,0	4,9	0,8

Новая кормовая добавка имеет более высокую зольность по сравнению с торфом, что объясняется наличием в ее составе сапропеля. Прочность ее гранул на сжатие и виброустойчивость в 1,6 раза выше, чем у гранул сфагнового торфа. Гранулы кормовой добавки отличаются также значительно более высокой водопоглощающей способностью.

Сорбционные характеристики образцов, представленные в табл. 3, свидетельствуют, что сорбционная активность новой кормовой добавки по метиленовому голубому на 25 %, а по иоду на 68 % выше, чем у гранулированного сфагнового торфа, что связано с присутствием в ее составе сапропеля, который обладает высокой сорбционной активностью [5].

Таблица 3 – Сорбционная активность экструдированных образцов сфагнового торфа и кормовой добавки

Образец	Сорбционная активность, мг/г	
	по метиленовому голубому	по иоду
Экструдированный торф	105,0	76,1
Экструдированная кормовая добавка	131,2	127,5

Производственная проверка эффективности применения экструдированного сфагнового торфа и новой кормовой добавки в рационах пороссят-отъемышей была проведена

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству» на поросятах-отъемышах белорусской мясной породы.

Таблица 4 – Среднесуточный привес массы поросят в опытах по скармливанию опытных кормовых добавок

Группа опыта	Вид корма	Среднесуточный привес, г	Прирост к контролю	
			г	%
Контрольная	комбикорм СК-16	391,2	–	–
I опытная	Комбикорм СК-16 + экструдированный торф	407,0	15,8	4,0
II опытная	Комбикорм СК-16 + экструдированная кормовая добавка	422,1	30,8	7,9

Стоимость дополнительной продукции, полученной за период опыта, в расчете на одну голову при применении новой кормовой добавки на 2,48 руб. (1,2 у.е.) выше, чем в контрольном варианте, где поросятм давали стандартный корм.

Таким образом, в результате выполненных работ научно обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность использования в качестве основных компонентов новой биологически активной кормовой добавки малоразложившегося сфагнового торфа, обладающего высокой сорбционной емкостью и включающего в свой состав широкий спектр соединений ростстимулирующего и адаптогенного действия, и ростков солода – неиспользуемого в полном объеме отхода пивоваренного производства, богатого источником аминокислот, меланоидинов, пектина и других биологически активных соединений.

Физико-химическая и сорбционная характеристика опытных образцов новой кормовой добавки выявила их высокие водно-сорбционные качества и способность связывать ионы тяжелых металлов.

Результаты испытаний по скармливанию экструдированной кормовой добавки, экструдированного сфагнового торфа и стандартного полнорационного комбикорма СК-16 (контроль) представленные в табл. 4, показали, что за период наблюдений (33 дня) среднесуточный прирост живой массы поросят в контроле составил 391,2 г, в первой опытной группе – 407,0 г, во второй – 422,1 г. Таким образом, относительный прирост живой массы поросят, получавших новую экструдированную кормовую добавку на фоне контроля, составил 7,9 %. Экономические результаты применения кормовых добавок представлены в табл. 5.

Таблица 5. Экономическая эффективность применения новой кормовой добавки

Показатели	Группы животных		
	контрольная	I опытная	II опытная
Длительность опыта, дней	33		
Получено привеса на одну голову за период опыта, кг	12,91	13,43	13,90
Дополнительный привес на одну голову за период опыта по сравнению с контролем, кг	0	+0,52	+0,99
Закупочная цена на свинину первой категории, руб.	2,5		
Получено прибыли на 1 голову за период опыта по сравнению с контролем, руб.	0	+1,3	+2,48
Стоимость 1 долл. США	2,103		
Получено прибыли на 1 голову за период опыта по сравнению с контролем, долл. США	0	+0,62	+1,2

Комплекс исследований по получению гранулированных форм новой кормовой добавки показал, что включение в ее состав сапропеля не только повышает прочность гранул, но и значительно увеличивает сорбционную активность. Так, сорбционная способность кормовой добавки, гранулированной методом экструзии, по метиленовому голубому на 25 %, а по йоду на 68 % выше, чем у экструдированного сфагнового торфа, что связано с введением в состав добавки сапропеля.

Научно-хозяйственные опыты по скармливанию новой кормовой добавки пороссятам-отъемышам, проведенные совместно с РУП НПЦ НАН Беларуси по животноводству, подтвердили ее эффективность. Среднесуточный прирост в расчете на одно животное на 7,9 % выше, чем в контрольном варианте. Стоимость продукции, дополнительно полученной за время опыта, в расчете на одну голову составила 2,48 руб. или 1,2 у.е. (в ценах 2018 г.).

Список использованных источников

1. Пономаренко, Ю. А. Питательные и антипитательные вещества в кормах. / Ю. А. Пономаренко. – Минск: Экоперспектива. 2007. – 960 с.
2. Эрнст, Л. Кормовые продукты из торфа. / Л. Эрнст, З. Науменко, С. Ладинская // Животноводство. 1981. – № 9. – С. 27–28.
3. Томсон, А. Э. Торф и продукты его переработки. / А. Э. Томсон, Г. В. Наумова – Минск: «Беларуская навука». – 2009. – 328 с.
4. Ферман, Г. И. Идентификация азотистых веществ солодовых ростков и экстрактов из них / Г. И. Ферман, В. Т. Гирс // Изв. высш. учеб. зав. Пищевая технология. 1972. – №1. – С. 92–94
5. Вирясов, Г. П. Избирательная сорбция катионов металлов сапропелями. / Г. П. Вирясов, А. Э. Томсон, Т. В. Соколова [и др.]. // Природопользование: сб. науч. тр. – 1999. – Вып. 5. – Минск, 1999. – С. 102–104.

УДК 553.97

В.А. Ракович, Н.Н. Бамбалов
Государственное научное учреждение
«Институт природопользования НАН Беларуси»

УСТОЙЧИВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫБЫВШИХ ИЗ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕРЕЗОВСКОГО РАЙОНА БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Выработанные торфяные месторождения и участки Березовского района используются в основном в лесном хозяйстве. Сельскохозяйственные земли занимают 100 га, из которых 75 га – посадки клюквы и голубики, 25 га – луговые естественные угодья, часть площадей передана в Госземзапас, а на шести участках идут процессы естественного зарастания и заболачивания.

Однако не всегда капиталовложения в сельскохозяйственную рекультивацию дают ожидаемый экономический эффект вследствие того, что не все торфяные месторождения по своим природным характеристикам (геоморфологическим, геологическим, гидрологическим, агрохимическим и др.) пригодны для создания на них сельскохозяйственных земель. Неэффективное использование выработанных торфяных месторождений в сельском хозяйстве приводит к их зарастанию древесно-кустарниковой растительностью, и, согласно спутниковой информации, такие территории в Березовском районе уже появились.

Помимо экономических потерь от недобора сельскохозяйственной продукции происходит зарастание выработанных торфяных месторождений древесно-кустарниковой растительностью, что усиливает степень их пожароопасности.

Существующая многолетняя практика использования выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений не всегда соответствует современным методам хозяйствования и природопользования, поэтому отдельные территории нуждаются в пересмотре направления использования с учетом новых научных знаний. Сложившаяся ситуация объясняется тем, что решения о направлении использования выработанных торфяных месторождений принимались на стадии проектирования промышленной разработки без достаточного научного обоснования.

В целом по Березовскому району общая площадь торфяных месторождений, на которых производилась добыча торфа, составляет 17 127 га, выработанные торфяные площади – 3 232 га. Осушающее действие каналов распространяется на площадь 3 732 га, т. е. общая осушенная площадь больше суммарной площади выработанной части всех торфяных месторождений района на 15,0 %. Это объясняется тем, что прилегающие к выработанным торфяным месторождениям суходольные территории сложены рыхлыми минеральными породами в основном песками и частично супесями.

Осушающее воздействие выработанных торфяных месторождений, рассчитанные по методике [1]. В Березовском районе выработанные торфяные месторождения, находящиеся в осушенном состоянии, оказывают существенное осушающее воздействие на прилегающие территории.

Например, осушительная система выработанной части торфяного месторождения Винец при площади, на которой выполнена разработка торфяной залежи, равной 17 га, оказывает осушающее воздействие на площади 36 га, что на 111 % больше площади разработки. Аналогично для торфяного месторождения Берестовец эти площади соответственно равны 266 и 328 га, т. е. осушительная система этого торфяного месторождения распространяет свое осушающее действие на прилегающую территорию, площадь которой на 23 % превышает площадь разработки и так далее по другим торфяным месторождениям.

Если к выработанным участкам примыкают сельскохозяйственные земли на суходолах, как, например, к торфяному месторождению Винец, то в засушливые периоды на суходольных землях с песчаными и супесчаными почвами, дренируемых осушительными системами, расположенными на торфяниках, будет усиливаться дефицит влаги для сельскохозяйственных культур, что негативно повлияет на величину и качество урожая. Вместе с тем в нормальные и обильные по увлажнению вегетационные сезоны не будет негативного влияния осушительных систем выработанных торфяных месторождений на продуктивность таких суходолов.

Если к выработанным торфяным участкам примыкают болотные экосистемы, как например, на торфяных месторождениях Пешанка и Берестовец, то неразрабатываемые части этих торфяных месторождений будут подсушены соответственно на площади 98 га и 328 га. Это негативно будет влиять на состояние данных болотных экосистем в течение всего времени действия осушительных каналов.

Если выработанные участки соприкасаются с лесами, как например, на торфяном месторождении Заеловье, то это приведет к подсушению лесных фитоценозов и к их смене, в частности, ольховые фитоценозы, размещающиеся по окраинам торфяных болот, после осушения могут быть трансформированы в другие фитоценозы.

На выработанных торфяных месторождениях, находящихся в осушенном состоянии, остаточный слой торфа разлагается под воздействием микроорганизмов с образованием водорастворимых и газообразных продуктов. Из водорастворимых органических соединений наиболее распространены фульвокислоты, органические кислоты, в меньшей степени – фенолы, углеводы, аминокислоты, альдегиды и ряд других, из минеральных – соединения кальция, магния, железа, фосфора, микроэлементов, а также ионы аммония, хлора, нитратов, сульфатов. По многолетним данным [2], ежегодно с 1 га торфяных почв в каналы осушительных сетей поступает 450–650 кг органических веществ и 550–800 кг минеральных, включая неиспользованную растениями часть удобрений, доля которой составляет до 30–40 % от их количества, внесенного в почву.

Для оценки воздействия выработанных торфяных месторождений на поверхностные и подземные воды были взяты минимальные величины годового стока растворенных веществ, равные 0,45 т/га органических и 0,55 т/га минеральных веществ [3, 4], с учетом того, что эти территории используются для возделывания луговых трав.

При площадях выработанных торфяных месторождений, исчисляемых десятками и сотнями гектаров, суммарное поступление водорастворимых веществ в водоприемники составляет десятки и сотни тонн в год. Например, с торфяного месторождения Чайкого-Гнилика

в течение годового биоцикла в каналы может поступать 65 т органических и 79 т минеральных веществ, с торфяного месторождения Шешково соответственно 52 т и 64 т и так далее по другим выработанным торфяным месторождениям. При поступлении в водоприемники эти довольно значительные количества разнообразных веществ изменяют химический состав вод и повышают их евтрофикацию, что в конечном итоге негативно сказывается на функционировании экосистем водоприемников.

Часть водорастворимых веществ с нисходящим током поступает в подземные воды. Соотношение между этими двумя потоками зависит от гранулометрического состава грунтов, подстилающих остаточный слой торфа: чем более водопроницаемы подстилающие торфяную залежь грунты, тем больше продуктов распада торфа поступает в подземные воды.

Все выработанные торфяные месторождения в осушенном состоянии являются пожароопасными территориями независимо от направлений их использования. Основной причиной возникновения пожаров является человеческий фактор и лишь в единичных случаях – природные явления, например, удар молнии или самовозгорание неиспользованных штабелей торфа.

Факторами, влияющими на вероятность возникновения пожаров на выработанных торфяных месторождениях, являются: продолжительность периодов без дождей, уровни грунтовых вод, влажность и температура воздуха, степень разложения торфа, а также влажность и степень покрытия поверхности растениями, зависящие от направления использования.

Классификация выработанных торфяных месторождений по степени пожароопасности осуществлялась по методике [2].

Очень высокую степень пожароопасности имеют выработанные торфяные месторождения, заброшенные и не имеющие целенаправленного использования. В Березовском районе имеются осушенные крайки торфяных месторождений и зоны, на которых торф не добывался, но они примыкают к выработанным участкам, поэтому они покрыты угнетенной и частично измененной осушением болотной растительностью, а на поверхности травяного и мохового покрова накапливается сухой растительный отпад. Фактически эти зоны находятся в заброшенном состоянии, и к ним не ограничен доступ людей для сбора грибов, ягод, лекарственных растений, охоты, поэтому они имеют очень высокую степень пожароопасности.

Высокую степень пожароопасности имеют выработанные торфяные месторождения, используемые для лесопосадок и переданные в ведение лесхозов. Для снижения пожароопасности на всех территориях лесхозов предусмотрен комплекс профилактических противопожарных мероприятий, включая ограничение доступа людей и транспортных средств в засушливые периоды, поэтому они менее пожароопасны, чем выработанные неиспользуемые участки торфяных месторождений. В Березовском районе к таким месторождениям относятся: Винец, Берестовец и Пещанка.

Среднюю степень пожароопасности имеют выработанные торфяные месторождения, используемые в качестве сельскохозяйственных земель. В Березовском районе такую степень пожароопасности имеют 75 га площадей, отведенных под посадки плодово-ягодных культур (клюква, голубика) на выработанных площадях торфяного месторождения Заеловье. Они менее пожароопасны, чем выработанные торфяные месторождения, находящиеся под лесом, потому что на сельскохозяйственных землях при рекультивации территорий предусматривается создание водорегулирующих сооружений. По этим причинам торфяные пожары на сельскохозяйственных землях бывают реже, чем на лесных.

Низкую степень пожароопасности имеют выработанные торфяные месторождения, у которых уровни грунтовых вод находятся на поверхности почвы или выше нее. В Березовском районе к ним следует отнести торфяные месторождения Пещанка (торфоучасток «Новое»), Чайкого-Гнилика (торфоучастки «Черный Луг», «Черный Луг 1», «Черный Луг 2»), Берестовец (торфоучасток «Старомлыны»).

Остаточный слой торфа выработанных торфяных месторождений минерализуется под воздействием микроорганизмов с образованием диоксида углерода, поступающего в атмосферу. Эмиссия CO₂ в атмосферу рассчитывалась по методике [2].

Суммарное количество диоксида углерода, выделяемого всеми выработанными торфяными месторождениями Березовского района, ежегодно составляет 3693 т, в том числе 3280 т с выработанных участков и 413 т с осушенных, но невыработанных зон торфяных месторождений, прилегающих к выработанным участкам.

Кроме этого, диоксид углерода выделяется в больших количествах при торфяных пожарах, однако этот вид воздействия выработанных торфяных месторождений не учитывался, ввиду случайности возникновения на них пожаров.

Следует отметить, что на выработанных торфоучастках «Черный Луг», «Черный Луг 1», «Черный Луг 2» торфяного месторождения Чайкого-Гнилика, идет поглощение CO_2 в количестве около 119 т/год, в связи с повторным заболачиванием выработанных площадей (149 га). Аналогично на торфяном месторождении Берестовец (торфоучасток «Старомлыны») с 36 га поглощение CO_2 составляет 29 т/год. Выше перечисленные участки входят в состав биологического заказника республиканского значения «Споровский». Кроме того, с выработанного торфоучастка «Новое» (48 га) торфяного месторождения Пещанка затопленного под водоем эмиссии диоксида углерода не происходит, идет его поглощение (38 т/год).

Ландшафты с выработанными торфяными месторождениями находятся в постоянном развитии. Наиболее динамичными компонентами таких ландшафтов являются глубина остаточного слоя торфа, уровни грунтовых вод и растительный покров.

На выработанных торфяных месторождениях, используемых в сельском и лесном хозяйстве, уменьшение глубины остаточного слоя торфа происходит ежегодно в связи с процессами минерализации органического вещества, а иногда и ветровой эрозии. У торфяных почв, используемых для возделывания многолетних трав, ежегодное уменьшение торфяного слоя составляет 1 см в год, если мощность торфяного слоя более 0,3 м, и 0,7 см в год, если мощность торфяного слоя менее 0,3 м [2, 5]. Выработанные торфяные месторождения Березовского района, рекультивированные в целях использования в качестве сельскохозяйственных земель, имели первоначальную глубину остаточного слоя торфа в среднем 0,5 м, но с момента их рекультивации и передачи сельскохозяйственным землепользователям прошло не менее 20 лет, поэтому значительная часть торфяного слоя утрачена, и к настоящему времени осталось в среднем не более 0,3 м, а местами на поверхность вышли минеральные породы, ранее подстилавшие торф. Постепенно формируется мозаичная структура почвенного покрова на таких полях, что ведет к неравномерности обеспечения растений питательными веществами и водой, а в конечном итоге – к снижению урожая.

Для оценки состояния растительного покрова выработанных торфяных месторождений были использованы материалы космической съемки. В Березовском районе, например, на выработанных торфяных месторождениях Винец, Берестовец неиспользуемые площади заросли кустарником, с признаками избыточного увлажнения. Это означает, что начался процесс постепенной трансформации луговых угодий в лугово-кустарниковые. Постепенное зарастание луговых угодий кустарником связано с многолетними периодами времени, в течение которых не производилось выкашивание или сведение кустарника другими способами. В перспективе нескольких десятков лет эти участки постепенно трансформируются в лесные угодья, если кустарник не будет сведен, а луговые угодья не будут улучшены. В настоящее время часть таких земель вывели из категории сельскохозяйственных и они числятся как земли под болотом: торфоучастки «Шешково», «Здитово 1», «Черный Луг», «Черный Луг 1», «Черный Луг 2», «Старомлыны». Выработанный торфоучасток «Вешки» площадью 63 га на торфяном месторождении Пещанка числится в иных землях (в стадии добычи полезных ископаемых), зарос древесно-кустарниковой растительностью, избыточно увлажнен.

Гидрологический режим таких ландшафтов имеет тенденцию к изменению в сторону подъема уровней грунтовых вод в связи с зарастанием каналов осушительной сети. Как правило, это происходит на землях, используемых под пастбища, лесные угодья, а также на заброшенных участках выработанных торфяных месторождений.

Таким образом, нынешние ландшафты с выработанными торфяными месторождениями, находящимися в осушенном состоянии, медленно, но неуклонно будут преобразовываться

в лесные или лесоболотные экосистемы независимо от характера использования этих территорий. Ориентировочно период их трансформации займет не более 50–70 лет.

В настоящее время выработанные торфяные месторождения либо их участки имеют в основном лесохозяйственное направление использования. В рамках Государственной комплексной программы развития картофелеводства, овощеводства и плодоводства на 2011–2015 годы под посадки плодово-ягодных культур (клюква и голубика) отведено 75 га выработанных площадей на торфяном месторождении Заеловье. В настоящее время продукцию выращивают на площади 33,7 га, из них клюква – 8,7 га, голубика – 25,0 га. Выработанные торфоучастки «Старомлыны», «Здитово 1», «Черный Луг», «Черный Луг 1», «Черный Луг 2», «Шешково» находятся под болотом, зарастают древесно-кустарниковой растительностью, избыточно увлажнены, а некоторые частично залиты водой. На выработанном торфоучастке «Новое» (48 га) создан водоём. Часть выработанных площадей торфяного месторождения Заеловье передана в земли запаса. Выработанные участки «Черный Луг», «Черный Луг 1», «Черный Луг 2» торфяного месторождения Чайкого-Гнилика, участок «Старомлыны» торфяного месторождения Берестовец имеют и природоохранное значение, так как входят в состав республиканского биологического заказника «Споровский». На торфяном месторождении Пешанка (участок «Вешки» 63 га) выработанные площади заросли древесно-кустарниковой растительностью, избыточно увлажнены.

Некоторые выработанные участки используются неэффективно и поэтому зарастают древесно-кустарниковой растительностью или избыточно увлажнены. Это торфяные месторождения: Берестовец (участок «Граничная» 8 га), Винец (участок «Загорье» 17 га), Пешанка (участок «Вешки» 63 га).

Как правило, низкая эффективность использования выработанных торфяных месторождений в качестве сельскохозяйственных земель обусловлена их природно-генетическими особенностями, в частности, наличием сапропеля в подстилающем грунте, содержащего карбонаты кальция. При высоком содержании карбонатов кальция фосфор фосфорных удобрений переходит в неусвояемые для растений формы. Даже при внесении повышенных доз фосфорных удобрений растения на таких почвах испытывают фосфорное голодание, а возделываемые многолетние травы дают низкие урожаи. Использовать такие земли в сельском хозяйстве невыгодно, поэтому они постепенно превращаются в бросовые территории. Еще одной причиной является неровность рельефа из-за наличия карьеров на торфяном месторождении, а также невозможность создания оптимального водно-воздушного режима на выработанных торфяных месторождениях, осушаемых с помощью насосных станций. Наличие в подстилающем грунте сапропеля является серьезным препятствием в сельскохозяйственном освоении таких месторождений из-за плохой проходимости сельскохозяйственной техники на таких площадях.

Торфяное месторождение Берестовец (кадастровый № 128). В настоящее время из 167 га выработанных площадей торфоучастка «Граничная» 8 га не используются по назначению. Эти земли заросли кустарником, избыточно увлажнены. Вследствие пойменного залегания торфяника невозможно обеспечить регулирование водно-воздушного режима для произрастания сельскохозяйственных культур экономически выгодным самотёчным способом.

Торфяное месторождение Винец (кадастровый № 90). В настоящее время выработанный участок «Загорье» площадью 17 га не используется в сельском хозяйстве. Невозможность создания оптимального водно-воздушного режима экономически выгодным методом в связи с природно-генетическими условиями залегания торфяного месторождения (пойменное) привела к зарастанию кустарником, избыточному увлажнению, что ведет к развитию процессов заболачивания. Наличие сапропеля в подстилающем грунте препятствует проходимости сельскохозяйственной техники, а также отрицательно сказывается на росте и развитии растений.

Торфяное месторождение Пешанка (кадастровый № 126). В настоящее время выработанный торфоучасток «Вешки» (63 га) не используется, числится как иные земли (находится

в стадии добычи полезных ископаемых (сапрпель). Эти площади заросли древесно-кустарниковой растительностью, избыточно увлажнены. Пойменное залегание торфяника не обеспечивает регулирование оптимального водно-воздушного режима для произрастания сельскохозяйственных культур, а наличие сапрпеля в подстилающем грунте препятствует проходимости сельскохозяйственной техники. Использование его в сельском хозяйстве невозможно. Направление использования выработанного торфоучастка «Вешки» необходимо изменить на повторное заболачивание.

Направление использования выработанных торфяных месторождений (либо участков) Винец (кадастровый № 90), Берестовец (кадастровый № 128) рекомендуется изменить с сельскохозяйственного на природоохранное путём повторного заболачивания или на естественное лесовозобновление с постепенным заболачиванием. Выработанные площади торфяного месторождения Пещанка (кадастровый № 126) рекомендуется также изменить с существующего на природоохранное (повторное заболачивание) или на естественное лесовозобновление с постепенным заболачиванием.

Преимущества этих направлений использования данных торфяных месторождений (либо участков) вполне очевидны, вследствие невыгодности их использования в сельском хозяйстве.

Выработанные торфяные месторождения, подстилаемые сапрпелем, мергелем или торфотуфом не должны определяться к использованию в сельском хозяйстве, так как на них формируется неудовлетворительный водно-воздушный режим (ТКП 17.12-01-2008 (02120)).

Для проведения мероприятий по естественному лесовозобновлению на торфяных месторождениях Винец, Берестовец и Пещанка не требуется дополнительных материальных или финансовых затрат. Поскольку эти торфяные месторождения занимают наиболее низкие места в рельефе, формирующиеся на них леса неизбежно будут подвергаться процессам самопроизвольного и медленного заболачивания. Недостатком такого способа заболачивания является сохранение повышенной пожароопасности формирующихся лесных насаждений в течение 15–25 лет. Для снижения пожароопасности целесообразно строительство водоудерживающих перемычек на каналах осушительных сетей. В целом мероприятия по повторному заболачиванию без учёта стоимости проектной документации составляют 120–300 тыс. руб. на 1 га (в ценах на 01.01.2011 г.), поскольку перемычки создаются из грунтов, имеющихся на местах их установки. Это значительно выгоднее тушения пожаров, так как минимальные затраты на тушение 1 га торфяного пожара оцениваются в 10,0–12,0 млн. рублей.

При полной реализации всех разработанных мероприятий на выработанных торфяных месторождениях Березовский район получит значительный экологический эффект заключающийся в прекращении эмиссии диоксида углерода в количестве 96 т в год и поглощение диоксида углерода из атмосферы ежегодно по 70 т, восстановление местообитаний биологического разнообразия, улучшение окружающей среды и микроклимата, снижение пожароопасности.

Отказавшись от сельскохозяйственного использования малопригодных для этой цели земель, район выиграет экономически и экологически, так как прекратятся затраты на возделывание малопродуктивных лугов, исчезнет осушающее воздействие на прилегающие территории, прекратится эмиссия диоксида углерода в атмосферу, вырастет лес, возобновятся процессы образования и накопления торфа, а также процессы поглощения из атмосферы диоксида углерода и выделение в неё кислорода, восстановятся местообитания биоразнообразия.

Список использованных источников

1. Тановицкая Н. И., Шевцов Н. В., Соколовский Г. В., Козулин А. В. Особенности формирования стока и зон влияния осушенных и выработанных участков болот на прилегающие территории. // Природопользование. Вып. 16. 2009. с. 95–100.

2. Бамбалов Н. Н., Ракович В. А., Тановицкая Н. И. и др. Оценка воздействия выработанных торфяных месторождений на окружающую среду. // Природопользование. Вып. 16. 2009. С. 108–115.

3. Лиштван И. И., Быстрая А. В., Гращенко В. М, Терентьев А. А. и др. Результаты изучения изменений качественных характеристик воды в процессе проведения осушительных мелиораций торфяных месторождений // Проблемы Полесья. 1981 № 7. С. 134–159.

4. Лиштван И. И., Крайко В.М. Мелиорация торфяных месторождений и качество поверхностных вод // Современные проблемы изучения, использования и охраны природных комплексов Полесья: Тез. докл. Междунар. науч. конф. Мн., 1998. С. 114.

5. Бамбалов Н. Н., Ракович В. А. Роль болот в биосфере. Мн.: 2005. 208 с.

УДК 635.1/8

А.В. Неверов¹, А.Ю. Половиков², А.И. Каврус¹

¹ Белорусский государственный технологический университет

²Кличевский районный исполнительный комитет

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АГРОЛАНДШАФТАМИ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОРГАНИЧЕСКОГО РАСТЕНИЕВОДСТВА И МЕХАНИЗМОВ ЛЕСОАГРАРНОЙ ИНТЕГРАЦИИ В КОНТЕКСТЕ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕРЕСОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Одним из основных инструментов реализации стратегических целей и задач устойчивого развития на местном уровне является система экологического управления агроландшафтами.

Экологическое управление агроландшафтами представляет собой совокупность инструментов и методов, обеспечивающих пространственно-временную организацию использования и воспроизводства основных функций природных комплексов как систем поддержания жизни.

Система экологического управления агроландшафтами наиболее актуальна для аграрных и лесоаграрных районов страны, то есть для тех административных единиц, на территории которых доминируют аграрные и лесные ландшафты, сочетание которых (вместе с водными, болотными и другими природными ландшафтами) определяет естественную основу устойчивого развития.

Для таких районов, где сосредоточены основные элементы природного ландшафта экологического каркаса страны, она реализуется в эффективном продуцировании экосистем на основе экологизации сельскохозяйственного и лесохозяйственного производства, их интеграции с позиции сохранения (возрастания) экологического потенциала конкретной территории.

Экологизацию сельского хозяйства определяет движение по пути создания органического производства, а экологизацию лесного хозяйства – устойчивое лесопользование и концепция модельного леса. В каждый конкретный промежуток времени происходит переплетение этих процессов, обеспечивающих реализацию поставленных целей и долгосрочную стратегию развития местных сообществ.

Система регионального природопользования в аграрных районах должна отвечать требованиям эковиосферосовместимости, обуславливающих производство сельскохозяйственной продукции на основе адаптивно-ландшафтного подхода.

Такой подход учитывает не только производственные, но также средообразующие и природоохранные функции территории, обеспечивающие ее естественную устойчивость, в том числе и с позиции реализации глобальных (климатических) интересов.

Современная система управления агроландшафтами включает:

- управление всей системой агроландшафта;
- управление элементами агроландшафта (полем, лугом, лесом, водами и другое);
- управление антропогенными нагрузками.

Система экологического управления агроландшафтами на основе внедрения технологии органического растениеводства и лесоаграрной интеграции реализует свои цели с помощью:

- приемов и способов развития производства экологически чистой продукции;
- кооперационно-аграрных связей лесного и сельского хозяйства, обеспечивающих воспроизводство экологического потенциала территории как системы поддержания жизни.

Система экологического управления агроландшафтами находится в контексте программы устойчивого развития административного района. Ее особенностью являются новые инструменты:

- органическое производство;
- лесоаграрная интеграция.

По определению Международной Федерации органического сельскохозяйственного движения, органическое сельское хозяйство – система производства, способствующая сохранению состояния экологических систем и здоровья людей. Сущность органического сельского хозяйства – максимально приблизить органическое производство к процессам, происходящим в естественных экологических системах.

В таком хозяйстве не используются пестициды, гормоны, стимуляторы роста, генетически модифицированные организмы. При переработке органической сельскохозяйственной продукции не применяют каких-либо консервантов и радиацию.

В соответствии с идеологией органическое сельскохозяйственное производство можно включать следующие компоненты:

- национальный реестр разрешенных и запрещенных препаратов;
- систему сертификации и инспекционного контроля (аудита);
- соответствующую систему реализации продукции или рынка;
- обязательное развитие животноводства;
- преимущественное использование органических и природных минеральных удобрений;
- формирование устойчивых ландшафтов;
- использование био-знака для маркировки продукции.

Лесоаграрная интеграция – это взаимосвязанное функционирование лесного и сельского хозяйства, направленное на сохранение (приращение) природного (экологического) капитала и возрастание его роли в устойчивом использовании земельных ресурсов территории (района). Инструментами лесоаграрной интеграции выступают ландшафтное планирование и модельный лес.

Под ландшафтным планированием понимается совокупность методических инструментов, используемых для построения пространственной организации деятельности общества в конкретных ландшафтах, которая обеспечивает устойчивое природопользование и сохранение основных функций этих ландшафтов как системы поддержания жизни.

Ландшафтное планирование как инструмент лесоаграрной интеграции определяют следующие ипостаси:

- экологическая безопасность развития антропогенного ландшафта;
- устойчивое продуцирование природного ландшафта;
- трансформация антропогенного ландшафта в культурный;
- оптимальное (рациональное) сочетание природного и антропогенного ландшафта.

В контексте ландшафтного подхода в реализации интересов устойчивого развития на местном уровне практически востребованной стала концепция модельного леса.

По своей конструкции модельный лес – это социоэколого-экономическая система, функционирование которой обеспечивается прочной институциональной основой устойчивого природопользования и развитой системой общественных интересов.

Модельные леса создаются для практической реализации идей устойчивого лесопользования.

Эффективными инструментами механизма реализации концепции «модельный лес» являются:

- система партнерства (продуктивная связь местной власти и общественности);

- стратегия согласованных действий основных землепользователей;
- социо-эколого-экономическая система управления землепользованием, удовлетворяющая интересы всех участников процесса.

Конкретные проблемы формирования экологического управления агроландшафтами исследовались на примере Кличевского района.

По своей территориальной специализации и структуре землепользования Кличевский район относится к типу лесоаграрных районов, устойчивое развитие которых обусловлено более активным вовлечением природного фактора в социально-экономический оборот.

Основные предпосылки перехода Кличевского района к устойчивому развитию и «зелёной» экономике включают:

- высокий лесной потенциал территории (лесистость 58,9%);
- развитое сельское хозяйство;
- участие территории в реализации экологических проектов по устойчивому развитию, органическому производству (проект Программы малых грантов Посольства США в Республике Беларусь «Частно-государственное партнерство в интересах устойчивого развития сельских районов Беларуси», проект ЕС /ПРООН «Содействие развитию на местном уровне в Республике Беларусь»);
- наличие примеров экологоориентированного бизнеса (фермерское хозяйство «Иосифович», фермерское хозяйство «Константа-арт», крестьянско-фермерское хозяйство «Михайлович агро»);
- научное сопровождение: программа «Природопользование и экологические риски», на 2016–2020 гг. (задание «Организация добычи и производства продукция из сапропеля на выработанных торфяниках» и задание «Разработка системы экологического управления агроландшафтами на основе внедрения технологий органического растениеводства механизмов лесоаграрной интеграции в контексте реализации интересов устойчивого развития»);
- активность и заинтересованность руководства района.

В Кличевском районе определены новые шаги к формированию системы экологического управления агроландшафтами на основе внедрения технологий органического растениеводства и механизмов лесоаграрной интеграции:

1. Сделан выбор базового хозяйства органического земледелия.
2. Разработан алгоритм действий внедрения органического производства в базовом хозяйстве.
3. Определены направления лесоаграрной интеграции в районе (деревообработка, рекреационно-туристическое хозяйство и услуги, ландшафтно-архитектурный озеленение агрогородков, климатоориентированная трансформация земельных угодий).
4. Структурированная система экологического управления агроландшафтами в программу устойчивого развития административного района.

На основе теоретических и практических аспектов исследования определена концептуальная схема формирования системы экологического управления агроландшафтами сельских районов (рисунок). Представленная схема акцентирует внимание на определяющей роли политики и ценностей устойчивого развития и тех инструментов, с помощью которых они реализуются.

Эффективному внедрению системы экологического управления агроландшафтами на основе технологий органического растениеводства и механизмов лесоаграрной интеграции будут способствовать:

- основные результаты исследований, проведенные в рамках ГНТП «Природопользование и экологические риски» на 2016–2020 гг. по заданию 2.2.1 «Разработать систему экологического управления агроландшафтами на основе внедрения технологий органического растениеводства и механизмов лесоаграрной интеграции в контексте реализации интересов устойчивого развития»;
- методические рекомендации по сравнительной оценке экологической и экономической эффективности использования сельскохозяйственных и лесных угодий административного района;

- рекомендации по оптимизации лесистости района и направлений использования сельскохозяйственных угодий;
- предложения по переходу сельхозпредприятий и административных районов на систему экологического управления агроландшафтами на основе внедрения технологий органического растениеводства и механизмов лесоаграрной интеграции;
- проект типовой региональной программы (план мероприятий) по рациональному (устойчивому) использованию природных ресурсов и охране окружающей среды;
- проект нового раздела «Органическое растениеводство» бизнес-плана сельскохозяйственного предприятия;
- рекомендации по внедрению органического растениеводства в административном районе;
- предложения по развитию кластерной региональной политики.

С позиции целей устойчивого развития и механизмов их реализации в Кличевском районе еще одним инструментом может стать кластерная форма организации производства.

В районе всфере деревообработки заняты 14 юридических лиц и 60 индивидуальных предпринимателей и ремесленников, сборомдикорастущих занимаются 9 субъектов хозяйствования, имеется 16 крестьянских(фермерских) хозяйств и 10 сельскохозяйственных организаций. С учётом представленной мощной лесосырьевой и сельскохозяйственной базы, в районе целесообразно создание лесоаграрного кластера.



Рисунок – Концептуальная схема формирования системы экологического управления агроландшафтами административного района

Для создания и эффективного функционирования кластера и его организационной структуры необходима финансовая поддержка, в том числе государственная. Кроме того, для создания в районе кластерной инфраструктуры заинтересованными сторонами:

– проводятся переговоры с бизнес союзом предпринимателей и нанимателей им. Кунявского, программой ООН, ОАО «Белагропромбанк»;

– разрабатываются проектные заявки на финансирование деятельности координатора кластера в рамках проекта «Сетевое взаимодействие для улучшения возможности занятости в сельских районах Могилёвской области», программа малых грантов посольства США;

– прорабатывается вопрос исследовательского и методического сопровождения направления Белорусским государственным технологическим университетом (в рамках выполнения второй части задания ГНТП «Природопользование и экологические риски» в целях совершенствования системы управления и финансирования на основе лесоаграрной интеграции).

УДК 338

А.В. Неверов¹, Ю.А. Трич²

¹Белорусский государственный технологический университет

²Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь

ИННОВАЦИОННЫЙ ФАКТОР РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ: СОДЕРЖАНИЕ, ИНСТРУМЕНТЫ, ОЦЕНОЧНЫЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ

По своей сути эколого-экономическая стратегия ресурсосбережения есть инновационная стратегия. Республике Беларусь необходимо удержаться в общем тренде перехода к V и VI технологичным укладам (четвертой промышленной революции), определив свои ниши конкурентного преимущества и наиболее надежные экономические связи в мировом хозяйстве [2, 3]. В этом процессе институционально-интеллектуальному фактору необходимо отводить определяющую роль, прежде всего, в условиях белорусской специфики. Укрепляя развитие экономики, важно разделить функции государственного управления и хозяйственной деятельности [2].

Динамичность развития, ресурсоэффективность, реализация эффективных проектов и управленческих решений определяет конкретное содержание инновационного фактора. Последний не состоится, если во времени не будут учитываться основополагающие пропорции устойчивого развития, которые определяют «Золотое правило экономики организации»:

$$I_{п} > I_{пр} > I_{ак} > 1, \quad (1)$$

где $I_{п}$ – индекс прибыли; $I_{пр}$ – индекс реализованной продукции; $I_{ак}$ – индекс активов.

В отдельных ситуациях, когда для инновационного процесса требуются значительные инвестиции, могут наблюдаться отклонения от того «Золотого правила», которые нельзя оценивать как отрицательные, особенно на этапе освоения капитальных вложений.

В конечном итоге деловую активность оценивают коэффициентом устойчивости экономического роста ($K_{ур}$), его положительной динамикой:

$$K_{ур} = \frac{\Pi_{реин}}{K_{сс}}, \quad (2)$$

где $\Pi_{реин}$ – реинвестированная прибыль, т. е. прибыль, направленная на инновационное развитие (она представляет собой разность между чистой прибылью и дивидендами или фондом потребления); $K_{сс}$ – средняя величина собственных средств организации.

Следующим положением, которое необходимо учитывать при выработке стратегии устойчивого развития конкретного производства является мотивация роста добавленной стоимости и управление показателями, определяющими эту мотивацию, ведущими из которых является производительность труда и фондоотдача.

В экономическом аспекте обобщающим показателем, синтезирующим человеческий и инновационный фактор, выступает фондовооруженность (капиталовооруженность) труда [2].

В общих чертах принципиальное решение данной проблемы выражает новая производственная функция. И. М. Лемешевский подчеркивает [1], что в производственной функции инновационной экономики появляется вслед за трудом и капиталом новый элемент, связанный с НТП, который можно представить как некий «интеллектуальный ресурс» (совокупность инноваций) или просто в виде коэффициента повышения производительности традиционных факторов. Инновационный фактор позволяет получить особый выигрыш – технологическую ренту, который трансформирует суть самой производственной функции, являясь ключом к производительности труда, и начинает сильно зависеть от размера нематериальных инвестиций – затрат на научные исследования и разработки, приобретение патентов и лицензий, а также на подготовку кадров и совершенствование системы управления.

В связи с тем, что инновационное развитие (с позиции производственной функции) все больше определяется «интеллектуальным ресурсом», во времени возрастает размер «нематериальных инвестиций» в человеческий капитал как со стороны отдельной организации, так и со стороны всего общества. Но источник один – произведенный продукт. Важно установить правильные приоритеты в приращении произведенного продукта (как в масштабе страны, так и организации) как финансового источника нового знания.

Являясь общим условием инновационного развития, проблема ресурсосбережения должна учитываться в более конкретной формализации взаимосвязанных структурных элементов ресурсоэффективности и одновременно должна быть в контексте целеполагания стратегии ресурсосбережения (Рэ):

$$Pэ = \frac{Д}{М} \rightarrow \max \quad (3)$$

где Д – добавленная стоимость, руб.; М – материальные затраты, включая стоимость отходов и их негативное воздействие на окружающую среду, руб.

Сопоставление добавленной стоимости и материальных затрат свидетельствует о том, что движение их величин протекает в противоположных направлениях и обусловлено темпами роста производительности труда, оплаты труда, фондовооруженности, фондоотдачи и материалоотдачи.

Таким образом, вектор ресурсосбережения реализуется в направлении максимизации добавленной стоимости с единицы материальных затрат на основе инновационного фактора, который должен иметь самостоятельный источник развития. Этим источником является норматив инновационного развития как часть чистой прибыли.

Для устойчивого инновационного развития принципиально важным является то, какая часть прибыли (чистой прибыли) должна идти на инновационное развитие в контексте размера амортизационных отчислений и заработной платы как источников соответственно воспроизводства физического и человеческого капитала организации. На этот вопрос призван ответить норматив инновационного развития.

Норматив инновационного развития следует рассматривать как показатель, связанный с реализацией стратегических целей организации. Этот норматив выполняет функцию инструмента оптимизации размера инвестиций, необходимых для инновационного развития. Исходя из этого, его количественное выражение надо искать в разумных пропорциях, вытекающих из условий расширенного воспроизводства и постоянного процесса обновления производства, его качественных и количественных характеристик.

В практической деятельности по управлению инвестиционным процессом важное значение приобретают условия и факторы, противодействующие падению нормы прибыли и повышению фондоемкости продукции (повышение качества основных и оборотных средств, повышение производительности, надежности выкупаемых машин, их долговечности и т.д.). Рост фондоемкости есть следствие более быстрого роста фондовооруженности труда по сравнению с повышением его производительности и это нежелательное явление необходимо учитывать при анализе и оценке инновационного развития. В общем виде

норматив инновационного развития (Nu) можно представить как отношение стоимости ресурсов (фонда) инновационного развития к сумме чистой прибыли, из которой он образуется:

$$Nu = \frac{fn}{p}, \quad (4)$$

где fn – стоимость фонда инновационного развития, руб.; p – чистая прибыль, руб.

Управляя динамикой инновационного развития предприятия на основе правильных экономических пропорций, диктуемых условиями индивидуального воспроизводства капитала, а также руководствуясь соблюдением необходимых соотношений между ростом производительности труда, заработной платой, фондовооруженностью, целесообразно структурировать норматив инновационного развития и представить его следующим образом:

$$Nu = \frac{\bar{f} \cdot r}{p' \cdot f_e}, \quad (5)$$

где r – относительный ежегодный прирост инновационной продукции, соответствующий запланированному абсолютному приросту данной продукции, %; \bar{f} – прогнозный коэффициент фондоемкости инновационной продукции; f_e – фактический коэффициент фондоемкости; p' – рентабельность продукции, рассчитанная на основе чистой прибыли, %.

Из формулы следует, что норматив инновационного развития находится в прямой зависимости от плановых темпов прироста инновационной продукции и обратной зависимости от уровня рентабельности производимой продукции; при этом данная зависимость отношений корректируется фондоемкостью продукции, ее изменением во времени под влиянием инновационного процесса и его разумных регулирований.

В аспекте расчета норматива инновационного развития фондоемкость можно представить следующим образом:

$$f_e = \frac{\Phi + З}{V}, \quad (6)$$

где Φ – основные средства (фонды), руб.; $З$ – заработная плата, руб.; V – объем продукции, руб.

Из представленной формулы видно, что в состав производственных ресурсов, кроме основных фондов, входит заработная плата. Их простое суммирование является дискуссионным: основные средства имеют «капитальную» природу, а заработная плата – текущие затраты. Но в аспекте факторного анализа такой подход является допустимым, как с позиции экономической теории, так и марксистской методологии (в трактовке постоянного и переменного капитала, органического строения капитала).

Норматив капитализации дифференцируется в зависимости от характера и содержания инновационного процесса, но его предельная величина должна отвечать требованиям поддержки и укрепления конкурентоспособности и ресурсосбережения.

Прогнозный размер инвестиций соотносится с их возможной величиной, обусловленной суммой амортизационных отчислений и необходимым размером прибыли для расширенного воспроизводства.

Инновационный фактор, интегрируя труд и капитал, дает дополнительный выигрыш – технологическую (интеллектуальную) ренту, минимальный размер, которой может быть принят на уровне 15% с учетом фактора времени и его проявления в результате реализации инновационного процесса. Количественным выражением инновационного фактора может выступить экологический эффект использования отходов и экономия исходного природного сырья, рост качества природной среды. В таком случае технологическая рента «трансформируется» в экологическую (при условии наличия соответствующих норм и правил).

При определении экономической эффективности инвестиций с учетом экологического фактора принципиальное значение имеет норма дисконта.

С помощью того или иного норматива эффективности (дисконтирования) оценивается вполне определенный выбор между текущим и будущим потреблением, устанавливается мера предпочтительности удовлетворения текущих потребностей по сравнению с будущим и наоборот.

Кроме того, решая проблемы ресурсосбережения, необходимо иметь в виду, что эти проблемы находятся в контексте интересов «зеленой» экономики и устойчивого развития. Поэтому необходимо в максимальной степени использовать имидж «зеленой» страны и «зеленой» организации для привлечения льготных кредитов и грантов, сохраняя и определяя условия инновационного развития.

Список использованных источников

1. Лемешевский, И. М. Национальная экономика Беларуси: основы стратегии развития : курс лекций / И. М. Лемешевский. – Минск : Аинформ, 2012. – 559 с.
2. Мясникович, М. В. Макроэкономическая политика Республики Беларусь: теория и практика : курс лекций / М. В. Мясникович. – Минск : Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь, 2012. – 175 с.
3. Мясникович, М. В. Актуальная повестка развития белорусской экономики в условиях интеграции / М. В. Мясникович. – Минск : Беларусь. наука, 2017. – 278 с.

УДК 504:334

Ю.А. Трич¹, А.В. Неверов²

¹Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь

²Белорусский государственный технологический университет

СТОИМОСТНАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В СТЕКОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Эколого-экономическую оценку ресурсосбережения целесообразно строить на основе всей системы реальных стоимостных отношений природопользования. В систему эколого-экономических оценок ресурсосбережения входят как частные, так и обобщающие показатели, каждый из которых характеризует свой аспект ресурсоэффективности. Базовую роль в этом процессе играют правильно выстроенные рентные отношения, выражающие истинную ценность природных ресурсов (включая и цену экологического фактора) и изначально обеспечивающие «режим ресурсосбережения».

Система показателей эффективности использования природного сырья может быть представлена показателями натуральными и стоимостными. Базовую роль в этой системе играет показатель глубины переработки сырья, который разными учеными трактуется как натуральный или стоимостной показатель. Коэффициент глубины переработки сырья (КГП) – сьем продукции переработки (передела) сырья с единицы исходного природного сырья. Этот показатель по своей природе может быть только натуральным. Его величина не может превышать единицу [1, 3].

Рассматривая проблему мотивации ресурсосбережения и связанную с ней систему целеполагания, необходимо обратить внимание на роль и значение эколого-экономической эффективности природопользования, которая в концентрированном виде выражает интересы стратегического менеджмента и актуальные направления устойчивого развития на уровне субъекта хозяйствования.

Максимизацию эколого-экономической эффективности ресурсосбережения можно формализовать следующим образом [1, 4]:

$$\mathcal{E} = \frac{\mathcal{C} - M - O_{\text{отх}}}{M + O_{\text{т}}} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где \mathcal{E} – «экологически чистая» эффективность деятельности предприятия; \mathcal{C} – цена продукции; M – материальные затраты; $O_{\text{отх}}$ – стоимость отходов; $O_{\text{т}}$ – стоимость отходов на основе платы или (и) стоимости ущерба природной среде.

В приведенной формуле важно обратить внимание как на числитель формулы, так и на ее знаменатель. Выражение « $\Pi - M - O_{отх}$ » по своей экономической сути есть экологически чистая добавленная стоимость: от величины добавленной стоимости отнимается стоимость отходов, которая выражается величиной потерянной прибыли от нерационального использования материальных ресурсов, вызывая этим самым одновременно и мотивацию экономического роста на основе ресурсосбережения. Знаменатель подчеркивает важность мотивации ресурсов и не только на стадии производства, но и обращения. Поэтому цена (стоимость) отходов в знаменателе иная, нежели в числителе. Она может выражаться или на основе существующей системы платы за образование и размещение отходов или на основе ущерба, который наносится загрязнением окружающей среде и снижает ее качество. Мотивация ресурсосбережения в знаменателе может выражать не только чистый коммерческий интерес, но и государственный, свидетельствуя о целесообразности государственной поддержки в реализации данного процесса. Гипотетически экологически чистый экономический рост предполагает в своей основе положительную динамику ресурсосбережения. И в какой степени кривая будет близка к своей оптимальной траектории, в такой степени будет представлена эффективность ресурсосбережения.

Используемое сырье – это один из элементов затрат. Наиболее прибыльные или рентабельные виды продукции характеризуют и более высокий уровень использования природного сырья, имея в то же время необходимые возможности для развития инновационного (малоотходного) производства.

Особое место занимает экологический аспект экономической оценки. Он не имеет своего прямого стоимостного выражения. Альтернативным выражением экологического эффекта в стоимостном виде является потеря экономического эффекта, связанная с необходимостью сохранения качества природной среды.

Стоимостную оценку воздействия человеческой деятельности на окружающую среду определяет экологическая цена.

Показателями экологической цены являются:

- природоемкость продукции (удельные экологические издержки природопользования);
- ущербоемкость продукции (удельный ущерб от загрязнения среды).

Показатель экологичности может отождествляться с природоемкостью (в широком смысле слова).

В общем виде комплексный сквозной показатель экологичности продукции (услуг) $У$ согласно взглядам [5] может быть выражен как:

$$У = У_{из} + У_{пот} + У_{пост}, \quad (2)$$

где $У_{из}$ – экологическая цена изготовления продукции, включая стадии добычи, транспортировки и переработки сырья, складирования готовой продукции, утилизации и захоронения отходов производства; $У_{пот}$ – экологическая цена потребления продукции, включая ее транспортировку и хранение; $У_{пост}$ – экологическая цена пост-потребительской стадии, т.е. издержки на утилизацию отходов потребления, их транспортировку, захоронение и переработку.

Согласно данной формуле и пониманию экологической цены, сформированному выше, структурно экологическую цену определяют:

- стоимостная оценка ущерба производства продукции (услуг);
- стоимостная оценка ущерба в результате потребления и транспортировки продукции (услуг);
- стоимостная оценка (издержки) утилизации отходов потребления, захоронения или переработки.

По мнению Н. Ф. Реймерса [2], экологическая цена – это специальная цена, вернее, наценка, возникающая в результате необходимости экономических вложений на нейтрализацию прямых, опосредованных и косвенных экологических последствий данной формы хозяйственной деятельности (очистку, организацию защитных зон, ущерба других отраслей хозяйства и т. п.).

Экологическая цена природопользования наиболее полно и одновременно с учетом необходимой детализации выражаются с помощью системы показателей:

- природоемкости;
- экологоемкости;
- материалоемкости.

Зачастую экологоемкость выступает как структурный элемент природоемкости продукции, характеризуя удельную оценку воздействия загрязнения и размещения отходов на состояние окружающей среды. Материалоемкость рассматривается по общепринятой схеме, т. е. по величине удельных материальных затрат.

Стоимостная оценка природоемкости продукции (Π_c) на уровне предприятия осуществляется по формуле:

$$\Pi_c = \frac{C_c + C_v + C_э + C_n + C_o}{O_n}, \quad (3)$$

где C_c – стоимость сырья, материалов, руб.; C_v – стоимость воды, руб.; $C_э$ – стоимость энергии, руб.; C_n – размер экологического налога, руб.; C_o – стоимость отходов производства, руб.; O_n – стоимостной объем производства продукции, руб.

В общем виде (согласно методологии измерений и показателей «зеленого» роста ОЭСР) ресурсоэффективность определяется объемом производства на единицу потребленных ресурсов, в т.ч. экологических ресурсов (в виде загрязнения окружающей среды, захоронения отходов и т. п.).

В системе природопользования процесс ресурсоэффективности (ресурсосбережения) выражает динамика показателей природоемкости, экологоемкости и материалоемкости.

На уровне организации в качестве интегрального показателя эффективности использования природного сырья может выступить показатель удельной добавленной стоимости (по отношению к стоимости сырья и материальных затрат).

С переходом на «зеленую» экономику актуальность оценочного инструментария возрастает.

Исходя из вышесказанного, систему оценок ресурсосбережения следует строить на основе ресурсоэффективности, с учетом экологической цены природопользования, ее основных показателей (природоемкости, экологоемкости, материалоемкости) [3] (рисунок 1).



Рисунок 1 – Методическая схема формирования системы оценок ресурсосбережения

Стоимостная оценка ресурсосбережения входит в систему эколого-экономических оценок природопользования.

Формирование необходимой информации для построения системы оценок природопользования и ресурсосбережения базируется на концепции жизненного цикла продукции, учитывающей добычу исходного природного сырья, технологию и организацию его переработки, образования отходов, их использование и, в конечном итоге, утилизацию конечной продукции. Исходный документ, лежащий в основе формирования системы оценок – экологический паспорт предприятия.

В контексте интересов ресурсосбережения необходимо располагать не только стоимостной оценкой природопользования, но и выделять проблему отходов, а ее решение строить на основе концепции экологически чистой добавленной стоимости. Для ее реализации (согласно критериальному показателю ресурсоэффективности) необходимо иметь информацию о добавленной стоимости, стоимости отходов и стоимости загрязнения окружающей среды.

Главным конструктивным показателем для стратегии является критериальный показатель ресурсоэффективности, а также материалоемкости выпускаемой продукции, которые могут быть дополнены при необходимости стоимостными оценками отходов. Последние важны для специального анализа и принятия конкретных проектных (инвестиционных) решений. В качестве рабочих показателей ресурсосбережения целесообразно использовать динамику природоемкости, материалоемкости, экологоемкости, выражающие «экологическую цену» природопользования.

Базовым показателем системы оценок ресурсосбережения выступает показатель, характеризующий стоимость природопользования, которая структурируется на стоимости сырья, материалов, топлива; стоимости загрязнения; стоимости отходов производства.

Список использованных источников

1. Экономика природопользования : учеб.-метод. пособие / А. В. Неверов [и др.] ; под общ. ред. А. В. Неверова. – Минск : Колорград, 2016. – 399 с.
2. Реймерс, Н. Ф. Природопользование : словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. – М. : Мысль, 1990. – 637 с.
3. Трич, Ю. А. О формировании эколого-экономической системы оценок ресурсосбережения / Ю. А. Трич // Тр. Белорус. гос. технол. ун-та. Экономика и упр. – 2016. № 7. – С. 354–357.
4. Трич, Ю. А. Анализ количественного влияния мероприятий по снижению ресурсоемкости стекольной промышленности Республики Беларусь / Ю. А. Трич // Вестн. Брестского гос. техн. ун-та. Экон.науки. –2018.–С. 126–129.
5. Неверов, А. В. Экономика природопользования : учеб.-метод. пособие / А. В. Неверов. – Минск : Белорус. гос. технол. ун-т, 2009. – 551 с.

УДК 631.147

А.В. Равино, Н.А. Масилевич
БГТУ, г. Минск

ОЦЕНКА ПРЕДОТВРАЩЕННОГО ВРЕДА ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ В КОНТЕКСТЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ВНЕДРЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО РАСТЕНИЕВОДСТВА

Внедрение органического растениеводства с учетом экологических требований сегодня выступает приоритетным направлением развития мирового сельского хозяйства, инновацией аграрного сектора Беларуси.

Органическое растениеводство при выращивании сельскохозяйственных культур исключает применение генетически модифицированных организмов, пестицидов, синтетических удобрений, используемых в традиционном сельском хозяйстве и представляющих угрозу стабильности функционирования агроэкосистем, характеризуется специфической организацией севооборота, ориентированного на соблюдение принципов устойчивого развития. Применение технологий органического сельскохозяйственного производства позволяет уменьшить нагрузку на окружающую среду и получить экологически чистую продукцию.

При организации органического растениеводства возникают вопросы: ожидать ли снижение урожайности культур органического земледелия; произойдет ли компенсация затрат на организацию органического производства; будет ли иметь место экономическая эффективность от подобной инновации; существуют ли социо-эколого-экономические выгоды от внедрения органического земледелия и как их рассчитать? То есть открытыми остаются вопросы экономического обоснования внедрения органического растениеводства, поэтому данная проблема в настоящее время находится в фокусе исследований экономистов.

При обосновании применения органического сельскохозяйственного производства в имеющихся исследованиях основной задачей выступает оценка экономической эффективности производства органической продукции относительно традиционных технологий [1]: идентификация затрат на органическое и традиционное производство с их группировкой на капитальные вложения и текущие расходы; расчет экономической эффективности производства продукции по органической и традиционной технологиям; сравнительная оценка экономической эффективности производства продукции органической продукции относительно традиционных технологий производства.

Ряд ученых определяет эффективность трансформации традиционного сельскохозяйственного производства в органическое производство, используя методику проектного анализа (методику анализа инвестиционных проектов) ЮНИДО (United Nations Development Organizations). Однако определению экологического (эколого-экономического) эффекта в существующих разработках не уделено должного внимания.

Цель работы – определить методологические и методические основы экономического обоснования внедрения органического земледелия с учетом оценки предотвращенного вреда (хозяйственной деятельности и окружающей среде), а также провести экономическое обоснование внедрения органического земледелия на примере базового хозяйства.

Материалы подготовлены по результатам исследования, проводимого экспертами кафедры менеджмента, технологий бизнеса и устойчивого развития Белорусского государственного технологического университета под руководством доктора экономических наук, профессора Неверова А. В. в рамках выполнения задания 2.2.1 «Разработать систему экологического управления агроландшафтами на основе внедрения технологий органического растениеводства и механизмов лесоаграрной интеграции в контексте реализации интересов устойчивого развития» подпрограммы ШГ государственной научно-технической программы (ГНТП) «Природопользование и экологические риски» на 2016–2020 гг., научный руководитель подпрограммы II «Устойчивое использование природных ресурсов и охрана окружающей среды» ГНТП – ректор Белорусского государственного технологического университета, доктор технических наук, профессор Войтов И. В.

В качестве критерия экономического обоснования внедрения органического земледелия нами предлагается использовать величину предотвращенного ущерба (вреда) причиненного хозяйственной деятельностью сельскохозяйственного предприятия и окружающей среде.

Методологической основой нами определена теория ренты, в частности, теория экологической земельной ренты. Экологическая земельная рента (добавочный экологический капитал) является стоимостным показателем экологического улучшения земельного участка за счет совершенствования его экологических характеристик в результате хозяйствования.

Методической основой расчета эколого-экономической оценки предотвращенного вреда в результате внедрения органического растениеводства (уровень базового хозяйства, региона) выступает методика профессора Вегера С.Г. [2], согласно которой расчет

эффективности ($\Delta\Phi$) землепользования на уровне региона (конкретного предприятия) проводится по формуле:

$$\Delta\Phi = R_{\text{эп}} - R_{\text{аэ}}, \quad (1)$$

где $R_{\text{эп}}$ – экологическая земельная рента (экологический эффект); $R_{\text{аэ}}$ – антиэкологическая земельная рента (экологический ущерб).

При расчете экологической и антиэкологической ренты используется действующая в Республике Беларусь методика исчисления размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде [3].

Антиэкологическая земельная рента ($R_{\text{аэ}}$) рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{аэ}} = \sum_{i=1}^n U_i, \quad (2)$$

где U_i – эколого-экономический ущерб по i -му виду деградации, руб.; n – виды деградации.

Эколого-экономический ущерб по i -му виду деградации (U_i) равен:

$$U_i = \max(U1_i; U2_i), \quad (3)$$

где $U1_i$ и $U2_i$ – величина ущерба, рассчитанная по первому и второму варианту соответственно, руб.

По первому варианту:

$$U1_i = T \cdot P_i \cdot K_u \cdot B, \quad (4)$$

где T – таксы в базовых величинах за 1 м² (га), дифференцированные в зависимости от степени деградации земель, руб. [4]; P_i – количественный показатель площади земель, м² (га); K_u – коэффициенты к таксам [4]; B – базовая величина, руб.

По второму варианту:

$$U2_i = C \cdot K_n, \quad (5)$$

где C – кадастровая стоимость земельного участка (определяется по материалам государственной кадастровой оценки земли), руб.; K_n – соответствующие коэффициенты деградации земель [2].

Действующая в Республике Беларусь методика исчисления размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде, основана на выявлении и стоимостной оценке ухудшений показателей состояния земли, данная методика модифицирована профессором Вегера С.Г. для расчета показателей улучшения показателей состояния земли [2]. Методика расчета экологической земельной ренты аналогична методике определения антиэкологической ренты [2]:

$$R_{\text{эп}} = \sum_{i=1}^n \Pi_i, \quad (6)$$

где Π_i – величина эколого-экономического прироста по i -му виду улучшения, руб.; n – виды улучшения;

$$\Pi_i = \max(\Pi1_i; \Pi2_i), \quad (7)$$

где $\Pi1_i$ и $\Pi2_i$ – величина прироста, рассчитанная по первому и второму варианту соответственно, руб.;

$$\Pi1_i = T \cdot P_i \cdot K_u \cdot B, \quad (8)$$

$$\Pi2_i = C \cdot K_n. \quad (9)$$

При проведении экономического обоснования внедрения органического растениеводства по принятой методике возможны три варианта [2]:

- $\Delta\phi = 0$, эколого-экономический результат землепользования нулевой. Экологическая рента равна стоимости воспроизводства земли как экосистемы;
- $\Delta\phi > 0$, эколого-экономический результат землепользования больше нуля. Экологическая земельная рента превышает стоимость воспроизводства земли как экосистемы;
- $\Delta\phi < 0$, эколого-экономический результат землепользования меньше нуля. Экологическая земельная рента будет ниже стоимости воспроизводства земли как экосистемы на величину антиэкологической ренты.

Нами проведена апробация методики на примере сельскохозяйственного предприятия Кличевского района Могилевской области ОАО «Несята-АГРО», в котором осуществляется внедрение органического растениеводства [5]. Общая площадь полей органического земледелия базового сельскохозяйственного предприятия ОАО «Несята-АГРО» составляет 289 га; возделываемые культуры: гречиха, тритикале, пшеница, просо, озимая рожь, соя.

Расчет оценки предотвращенного вреда хозяйственной деятельности и окружающей среде в результате внедрения органического растениеводства в базовом хозяйстве проводился дифференцированно по периодам:

- период традиционного земледелия (2016 г.);
- переходный период от традиционного к органическому земледелию (2017–2019 гг.);
- прогнозный период сертифицированного органического земледелия (2020 г.).

В таблице 1 представлены итоговые результаты расчетов.

Таблица 1 – Результаты экономического обоснования внедрения органического растениеводства в ОАО «Несята-АГРО»

Показатель	Расчетный период		
	2016 г.	2018–2019 г.	2020 г.
Эколого-экономический ущерб (U), руб.	4 197,3	–	–
Эколого-экономический прирост (П), руб.	–	4333,3	6542,4
Эколого-экономический результат (Эф), руб.	–4 197,3	4333,3	6542,4

Как показали результаты, при традиционном производстве (2016 г.) суммарный эколого-экономический результат землепользования в ОАО «Несята-АГРО» – отрицательный, это означает, что хозяйство ведет истощимое, нерациональное землепользование. Ущерб хозяйственной деятельности и окружающей среде (стоимость экологического истощения земельного участка) в этот период составил свыше 4 тыс. руб. (–4197,3 бел. руб., –7,2 долл. США на га).

В переходный период к органическому растениеводству (2017–2019 гг.) результат землепользования положительный (4333,3 руб., 3,6 долл. США на га), это означает, что использование приемов органического растениеводства в ОАО «Несята-АГРО» обеспечивает расширенное воспроизводство земли как экосистемы.

При сертифицированном органическом земледелии (прогноз на 2020 г.) размер эколого-экономического результата растениеводства в ОАО «Несята-АГРО» составит 6542,4 руб. (11,3 долл. США на га) за счет положительных изменений качественных экологических характеристик земельных участков, улучшения состояния почвы в результате применения технологий земледелия.

На рисунке отражены полученные результаты оценки предотвращенного вреда хозяйственной деятельности и окружающей среде при внедрении органического растениеводства в ОАО «Несята-АГРО» (2016–2020 гг.).

Проведенное экономическое обоснование внедрения органического растениеводства в базовом хозяйстве на основе оценки предотвращенного вреда хозяйственной деятельности и окружающей среде показало эколого-экономическое преимущество новой формы сельскохозяйственного производства, образование дохода от сохранения и улучшения экологических свойств земельного участка в результате осуществления экологических затрат в средозащитные технологии органического земледелия.

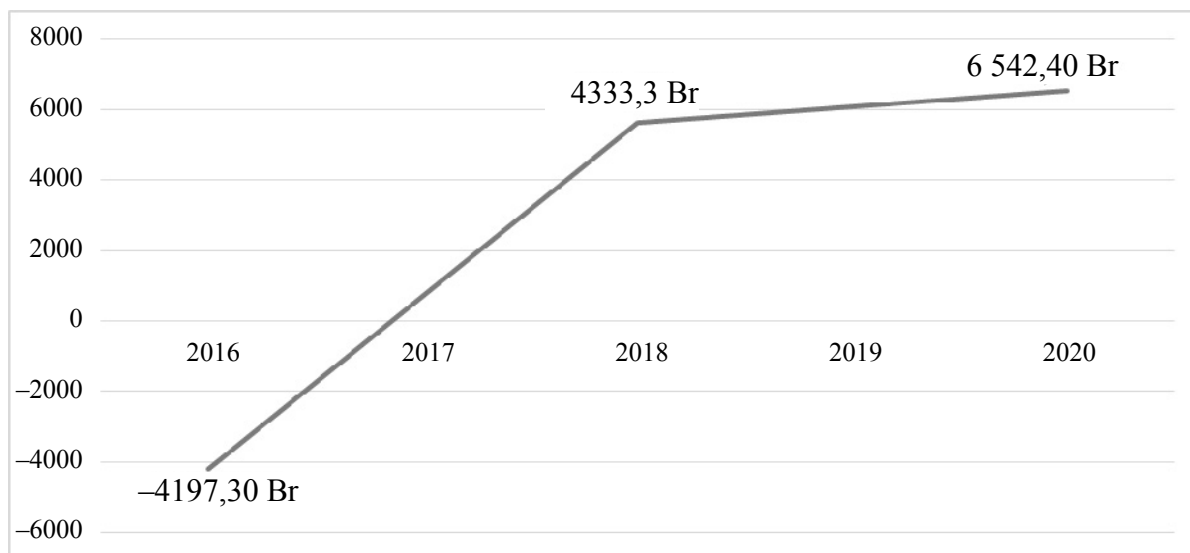


Рисунок – Результаты оценки предотвращенного вреда при внедрении органического растениеводства в ОАО «Несята-АГРО»

В рамках исследования дано эколого-экономическое обоснование внедрения органического растениеводства в Кличевском районе. Был проведен анализ сельскохозяйственных предприятий Кличевского района с целью выявления перспективных (возможных) для внедрения органического растениеводства земельных участков. Расчет суммарного эколого-экономического результата землепользования по хозяйствам района проведен по принятой методике[2], итоговые результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Экономическое обоснование внедрения органического растениеводства в перспективных хозяйствах Кличевского района

Наименование хозяйства	Площадь (перспективная для органического земледелия), га	Величина эколого-экономического результата землепользования, бел. руб.
ОАО «Колбча-АГРО»	178,0	4029,6
ОАО «Максимовичи-АГРО»	172,2	3898,3
УКСП «С-з Долговский»	110,0	2490,2
УКСП «С-з Ольса»	154,0	3486,3
ОАО «Бацевичи-АГРО»	142,6	3228,2
КСУП «Буденного»	153,6	3477,2
УКСП «С-з Добровolec»	196,0	4437,1
ОАО «Кличев РАПТС»	154,7	3502,1
КСУП «Тельмана	120,4	2725,6
Итого	1381,5	31274,6

Суммарный эффект от внедрения органического земледелия в хозяйствах Кличевского района по предварительным расчетам составит 31274,6 бел. руб. за счет снижения деградации земель; минимизации нагрузки на окружающую среду; улучшения качественных экологических характеристик земельного участка. Таким образом, организации, которые будут использовать участок для возделывания органической продукции будут обеспечивать расширенное воспроизводство земли как экосистемы.

Проведенные исследования позволили получить информацию об экологических результатах землепользования ОАО «Несята-АГРО» (и перспективных для внедрения органического растениеводства агрохозяйств Кличевского района) в контексте экономического обоснования внедрения органического земледелия, и являются основой:

- для расчетов индикаторов экологически устойчивого развития региона,
- для принятия решений о получении кредитов,
- для обоснования налоговых льгот,
- для снижения арендной платы и пр.

Полученные результаты могут лечь в основу принятия управленческих решений региональными органами власти в сфере землепользования и разработки мероприятий по совершенствованию системы природопользования.

Список использованных источников

1. Неверов А. В., Масилевич Н. А., Равино А. В. Методологические и методические аспекты оценки эколого-экономической эффективности органического производства // Труды БГТУ. Сер. 5, Экономика и управление. 2019. № 1 (220). С. 49–53.
2. Вегера С.Г. Развитие методологии бухгалтерского учета земли в контексте современной теории ренты / С.Г. Вегера. – Новополоцк: ПГУ, 2011. – 464 с.
3. Положение о порядке исчисления размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде, и составления акта об установлении факта причинения вреда окружающей среде, утв. Постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 17.07.2008 № 1042 (в ред. постановления Совета Министров от 31.12.2010 № 1940, от 12.12.2011 № 1677, от 25.08.2017 №648). URL: <http://minpriroda.gov.by/ru/poradok/> (дата обращения: 10.05.2019).
4. Таксы для определения размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде выбросом загрязняющего вещества в атмосферный воздух, связанным с нарушением требований в области охраны окружающей среды, иным нарушением законодательства, кроме поступившего от стационарного или мобильного источника выбросов(в ред. Указов Президента Республики Беларусь от 03.12.2010 № 618, от 31.05.2017 № 197). URL: <http://www.minpriroda.gov.by/ru/taksa/> (дата обращения: 10.05.2019).
5. Войтов И. В., Неверов А. В., Романовский Ч. А., Равино А. В. Система экологического управления агроландшафтами: научно-организационные аспекты / И. В. Войтов [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 5, Экономика и управление. 2018. № 1 (208). С. 5–11.

УДК 504.75

Т.П. Водопьянова, доц., канд. экон. наук;
БГТУ, г. Минск

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ, МОРАЛЬНЫЙ ВРЕД И ВРЕД, ПРИЧИНЕННЫЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Закон Республики Беларусь « Об охране окружающей среды» определяет следующие ключевые понятия в области охраны окружающей среды: «загрязнение окружающей среды», «причинение вреда окружающей среде», «вредное воздействие на окружающую среду», «экологический вред», «вред, причиненный окружающей среде».

Загрязнение окружающей среды – поступление в компоненты природной среды, нахождение и (или) возникновение в них в результате вредного воздействия на окружающую среду вещества, физических факторов (энергия, шум, излучение и иные факторы), микроорганизмов, свойства, местоположение или количество которых приводят к отрицательным изменениям физических, химических, биологических и иных показателей состояния окружающей среды, в том числе к превышению нормативов в области охраны окружающей среды.

Причинение вреда окружающей среде – вредное воздействие на окружающую среду, связанное с нарушением требований в области охраны окружающей среды, иным нарушением законодательства Республики Беларусь, в том числе путем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросов сточных вод в водные объекты с превышением установленных в соответствии с законодательством Республики Беларусь нормативов допустимых выбросов и сбросов химических и иных веществ по одному или более загрязняющему веществу или в отсутствие таких нормативов, если их установление требуется законодательством Республики Беларусь, незаконного изъятия дикорастущих растений и (или) их частей, диких животных, других природных ресурсов.

Вредное воздействие на окружающую среду – любое прямое либо косвенное воздействие на окружающую среду хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к отрицательным изменениям окружающей среды.

Экологический вред – вред, причиненный окружающей среде, а также вред, причиненный жизни, здоровью и имуществу граждан, в том числе индивидуальных предпринимателей, имуществу юридических лиц и имуществу, находящемуся в собственности государства, в результате вредного воздействия на окружающую среду.

Вред, причиненный окружающей среде, согласно закону «Об охране окружающей среды», – имеющее денежную оценку отрицательное изменение окружающей среды или отдельных компонентов природной среды, природных или природно-антропогенных объектов, выразившееся в их загрязнении, деградации, истощении, повреждении, уничтожении, незаконном изъятии и (или) ином ухудшении их состояния, в результате вредного воздействия на окружающую среду, связанного с нарушением требований в области охраны окружающей среды, иным нарушением законодательства Республики Беларусь [1].

Факт причинения вреда окружающей среде в Беларуси устанавливается и фиксируется Государственной инспекцией охраны животного и растительного мира при Президенте Республики Беларусь и их территориальными органами, а также Министерствами: природных ресурсов и охраны окружающей среды, лесного хозяйства, сельского хозяйства и продовольствия и их подчиненными государственными организациями, местными исполнительными и распорядительными органами, другими государственными органами в пределах их компетенции.

Согласно постановлению Совета Министров Республики Беларусь от 25 августа 2017 г. № 648, вред окружающей среде считается причиненным при установлении [2]:

– выброса загрязняющего вещества в атмосферный воздух от стационарного источника выбросов с превышением нормативов (временных нормативов) допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, установленных в действующем разрешении на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух или комплексном природоохранном разрешении, в случае, если установление таких нормативов обязательно в соответствии с законодательством;

– выброса загрязняющего вещества в атмосферный воздух от стационарного источника выбросов без разрешения на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух или комплексного природоохранного разрешения, если получение такого разрешения обязательно в соответствии с законодательством;

– выброса загрязняющего вещества в атмосферный воздух в результате сжигания топлива, веществ, смеси веществ, материалов, отходов в местах и (или) устройствах, не предназначенных для их сжигания, за исключением обстоятельств, обусловленных контролируемым сжиганием, инициированным аварийно-спасательными службами;

– неиспользования газоочистой установки при работе подключенного к ней технологического оборудования или использование газоочистой установки, не обеспечивающей очистку газа от загрязняющего вещества либо его обезвреживание до концентраций, установленных в разрешении на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух или комплексном природоохранном разрешении;

– содержания загрязняющих веществ в отработавших газах двигателей мобильных источников выбросов, проверенных на объектах контроля у лиц, осуществляющих на момент проверки их эксплуатацию, с превышением норматива хотя бы по одному загрязняющему веществу на одном из режимов работы двигателей;

– сброса сточных вод в поверхностный водный объект с нарушением требований в области охраны окружающей среды, иным нарушением законодательства, повлекшего повышение температуры в контрольном створе поверхностного водного объекта (за исключением технологического водного объекта) по сравнению с естественной его температурой в фоновом створе от 3°C и более;

– сброса сточных вод в поверхностный водный объект с превышением нормативов (временных нормативов) допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных

вод, установленных в действующем разрешении на специальное водопользование или комплексном природоохранном разрешении в случае, если установление таких нормативов обязательно в соответствии с законодательством;

- сброса сточных вод в окружающую среду без разрешения на специальное водопользование или комплексного природоохранного разрешения, если получение такого разрешения обязательно в соответствии с законодательством;

- попадания (поступления) отходов в поверхностный водный объект;

- незаконного размещения в окружающую среду побочных продуктов производства (молочной сыворотки, навоза, помета);

- деградации земель (включая почвы), определяемой по видам и показателям;

- незаконного уничтожения лесных культур, подроста, молодняка естественного происхождения или самосева на участках лесного фонда, предназначенных для лесовосстановления;

- незаконного повреждения деревьев или кустарников не до степени прекращения роста сверх установленных норм при проведении лесохозяйственной и иной деятельности;

- незаконного повреждения не до степени прекращения роста деревьев, кустарников в населенных пунктах;

- незаконной рубки;

- незаконного удаления, изъятия, уничтожения и (или) повреждения деревьев или кустарников до степени прекращения роста;

- самовольного и (или) с нарушением требований законодательства в области охраны окружающей среды, иного законодательства сенокошения;

- незаконного выпаса скота (выпаса скота на природных территориях, подлежащих особой и (или) специальной охране, в соответствии с режимом охраны и использования которых выпас скота не допускается; выпаса скота в границах лесного фонда без лесного билета, либо на участках лесного фонда, не указанных в лесном билете, либо с превышением количества скота, указанного в лесном билете, а также не тех видов скота);

- незаконного выжигания сухой растительности, трав на корню (кроме газонов, цветников, лесной подстилки, живого напочвенного покрова), а также стерни и пожнивных остатков;

- уничтожения либо повреждения семян или саженцев в питомниках, на плантациях; незаконного, включая самовольный сбор, уничтожения лесной подстилки, живого напочвенного покрова, снятия (уничтожения) плодородного слоя почвы, включая подстилающие породы, на площади свыше 3 м³, а при проведении лесохозяйственной и иной деятельности – свыше установленных норм;

- незаконного изъятия или уничтожения дикорастущих ягодных растений без изъятия, уничтожения живого напочвенного покрова;

- незаконных сбора или заготовки дикорастущих растений, имеющих лекарственное, пищевое, техническое и иное значение, или их частей;

- незаконного повреждения или уничтожения дикорастущих растений, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь или охраняемым в соответствии с международными договорами Республики Беларусь, и (или) их частей;

- уничтожения, повреждения газонов, цветников;

- незаконного изъятия или уничтожения диких животных, включая гибель рыбы или других водных животных;

- уничтожения или повреждения муравейников, гнезд, нор или жилищ диких животных, за исключением случаев, предусмотренных законодательными актами;

- незаконного выброса, сброса загрязняющих веществ в окружающую среду; аварийного загрязнения окружающей среды;

- иного причинения вреда окружающей среде, размер возмещения которого определяется по установленным Президентом Республики Беларусь таксам, а также другого вредного воздействия на окружающую среду, связанного с нарушением требований в области охраны окружающей среды, иным нарушением законодательства.

Размер возмещения вреда, причиненного окружающей среде, с применением одного коэффициента исчисляется по следующей формуле:

$$C = T \times K_u \times P_i$$

Размер возмещения вреда, причиненного окружающей среде, с применением нескольких коэффициентов исчисляется по следующей формуле:

$$C = T \times \text{SUM} K_u \times P_i$$

где C – размер возмещения вреда, причиненного окружающей среде, бел. руб.; T – таксы, установленные Указами Президента Республики Беларусь от 8 декабря 2005 г. № 580 и от 24 июня 2008 г. № 348, умноженные на размер базовой величины, установленной законодательством на дату составления акта об установлении факта причинения вреда окружающей среде; K_u – соответствующие коэффициенты, установленные Указами Президента Республики Беларусь от 8 декабря 2005 г. № 580 и от 24 июня 2008 г. № 348; P_i – сумма соответствующих коэффициентов, установленных Указами Президента Республики Беларусь от 8 декабря 2005 г. № 580 и от 24 июня 2008 г. № 348; $\text{SUM} K_u$ – количественный показатель: массы загрязняющих веществ, топлива, веществ, смеси веществ, материалов, отходов, побочных продуктов производства, диких животных (их эмбрионов), грибов, дикорастущих растений и (или) их частей, соответственно в тоннах, килограммах; объема сжатого газа, в тысячах куб. метров; площади земель (включая почвы), участков, газонов, цветников, соответственно в квадратных метрах, гектарах; количества животных (их эмбрионов), деревьев, кустарников, саженцев, сеянцев, соответственно в экземплярах [2].

В случаях, когда размер возмещения вреда, причиненного окружающей среде, определяется по нескольким таксам и (или) показателям, размер возмещения вреда исчисляется отдельно по каждой таксе и (или) показателю и рассчитанные размеры возмещения вреда суммируются.

В случае причинения вреда выбросом загрязняющего вещества в атмосферный воздух от стационарного источника выбросов с превышением нормативов (временных нормативов) допустимых выбросов по нескольким показателям (мг/м^3 , г/с, т/год) одного загрязняющего вещества размер возмещения вреда исчисляется по одному из превышенных показателей, имеющему наибольшую кратность превышения установленных нормативов.

Законодательство предусматривает три способа возмещения вреда: натуральный (рекультивация), в денежный, смешанный (часть в денежной форме, а часть посредством восстановления нарушенного состояния природной среды).

Вред, причиненный здоровью и имуществу граждан в том числе индивидуальных предпринимателей, имуществу юридических лиц и имуществу, находящемуся в собственности государства, подлежит возмещению в полном объеме. Возмещение вреда производится на основании решения суда по иску потерпевшего, членов его семьи, прокурора, специально уполномоченных органов и общественных объединений.

В соответствии с Гражданским кодексом Республики Беларусь убытки – это расходы, которые лицо, чье право нарушено, произвело или должно будет произвести для восстановления нарушенного права, утрата или повреждение имущества (реальный ущерб), а также неполученные доходы, которые это лицо получило бы при обычных условиях гражданского оборота, если бы его право не было нарушено (упущенная выгода).

Вред может выражаться в заболевании, утрате трудоспособности, расстройстве здоровья, негативных генетических последствиях, нравственных и физических страданиях, утрате, повреждении имущества, приведении его в негодность.

В качестве способов возмещения вреда, причиненного здоровью и имуществу граждан и юридических лиц ухудшением состояния окружающей среды допускается денежное и натуральное возмещение вреда: предоставление жилья, путевки для санаторного лечения).

Так, по данным, предоставленным Единым государственным банком данных о правонарушениях с 2010 по 2015 год, по республике совершено 272 104 административных правонарушений в экологической сфере. Общий ущерб составил 281 696 145 856 рублей,

из которых взыскано только 77 301 681 085 рублей. Уголовных преступлений за аналогичный период зарегистрировано 3349. Только в 2015 году было совершено 590 экологических преступлений, ущерб от которых составил 31 669 462 000 рублей [3].

Совокупные расходы на охрану окружающей среды составили с 2010 по 2015 гг. 35 402 млрд. руб. (что составляет 45,8 % от вреда, полученного от экологических правонарушений), в том числе затраты на охрану окружающей среды в указанный период составили 28 973 млрд. руб., что составляет 37,5% от вреда в денежном выражении, полученного от экологических правонарушений [4].

Согласно статье 14 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» моральный вред, причиненный гражданину нарушением его права на благоприятную окружающую среду, подлежит компенсации в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

В решении вопросов предотвращения экологического вреда и вреда, причиненного окружающей среде особую роль играет взаимодействие специально уполномоченных государственных органов Республики Беларусь в области охраны окружающей среды: Министерства по чрезвычайным ситуациям, Министерства здравоохранения, Министерства промышленности, Министерства энергетики, Министерства транспорта и коммуникаций, Министерства лесного хозяйства, Министерства сельского хозяйства и продовольствия, Министерства жилищно-коммунального хозяйства, Министерства внутренних дел, Министерства торговли, Белорусского государственного концерна по нефти и химии, Государственного таможенного комитета, Государственного комитета по стандартизации, Государственного комитета по имуществу, Государственной инспекции по охране растительного и животного мира при Президенте Республики Беларусь, Национальной академии наук.

На наш взгляд, вред окружающей среде наступает при любом объеме загрязнения окружающей среды (выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросах загрязняющих веществ, размещении, хранении и захоронении отходов), порче, уничтожении, повреждении, истощении природных ресурсов, разрушении экологических систем.

Список использованных источников

1. Об охране окружающей среды: Закон Республики Беларусь, 26 ноября 1992г, № 1982-ХІІ, в ред. 30.12.1918// Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=v19201982>

2. Постановление Совета Министров Республики Беларусь № 648 25.08.2017 О внесении изменений и дополнений в постановление Совета Министров Республики Беларусь от 17 июля 2008 г. № 1042. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kodeksy-by.com/norm_akt/source-СМ РБ/type.

3. Кравцова М.А. Экологический вред: содержание, предотвращение и возмещение. – Право.by. – 2016. – № 3. – С. 60–64.

4. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь: статистический сборник. – Минск: Нац. стат. комитет Республики Беларусь, 2017. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/upload/iblock/827/827c02e5d5a70b8854c91b7aa63de7b1>.

УДК 504.05

В.А. Марчук, БГТУ, г. Минск

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛЕСОВ В СИСТЕМЕ УСТОЙЧИВОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Лес – особый экологический ресурс, удовлетворяющий как экономические, так и экологические потребности и характеризующийся способностью естественного воспроизводства (постоянного продуцирования).

Лесные ресурсы – это запасы древесины, других продуктов и компонентов жизнедеятельности леса в сочетании со средообразующими, водоохранными, защитными, санитарно-гигиеническими, рекреационными и иными функциями леса.

Экономическая оценка природных ресурсов – это определение в денежном выражении эффекта (ценности) от использования природных ресурсов в заданных социально-экономических условиях. На ее основе строится система ценностных отношений платного природопользования, определяющих уровень эффективности использования природных ресурсов и их роль в социально-экономической жизни общества.

Эколого-экономическая оценка природных ресурсов является основой формирования ценностных отношений устойчивого природопользования. В системе традиционного природопользования содержание ценностных отношений выражает дифференциальная рента и ее дисконтированная (капитализированная) величина, учитывающая фактор времени (время эксплуатации или воспроизводства природных ресурсов).

В соответствии с общепринятой практикой оценка рыночной стоимости проводится с использованием методологических подходов: затратного, рентного и новых методов.

Государство устанавливает размер платы за 1 м³ заготавливаемой древесины, которая называется «лесная такса». Таксы дифференцированы по породам, разрядам такс (по расстоянию вывозки) и пр. Таксы рассчитаны с помощью остаточного метода, периодически пересматриваются и утверждают Постановлением Совета Министров Республики Беларусь. Экономическая оценка лесных ресурсов по действующим таксам имеет вид, формула 1:

$$O_{\Gamma} = \sum_{i=1}^n \frac{T \cdot V}{(1 + E_n)^{A_f - A}}, \quad (1)$$

где O_{Γ} – оценка лесных ресурсов по действующим таксам в возрасте конкретного насаждения (A); T – таксовая стоимость спелого леса, руб/м³; V – древесный запас, м³; E_n – норматив дисконтирования, доля; A_f – фактический возраст рубки (спелости), лет; A – средний возраст конкретного насаждения, лет [1].

Древесина на корню реализуется в Беларуси на бирже. Стартовая цена на древесину на корню для реализации на биржевых торгах ОАО «Белорусская универсальная товарная биржа» не может быть ниже утвержденных такс, действующих на момент проведения биржевых торгов. Окончательная цена на древесину на корню при ее реализации на торгах определяется по результатам биржевых торгов.

Эколого-экономическая оценка лесных ресурсов, как комплексная оценка леса для полного денежного выражения многочисленных полезных эффектов, приносимых им обществу, как в настоящее время, так и в долгосрочной перспективе, базируется на рентном подходе и остаточном методе оценки, формула 2 [2]:

$$O_{\text{лр}} = \sum_{i=1}^n \frac{R \cdot V}{(1 + E_n)^{A_f - A}}, \quad (2)$$

где $O_{\text{лр}}$ – эколого-экономическая оценка лесов ресурсов в возрасте конкретного насаждения (A); R – эколого-экономическая оценка (рента) 1 м³ леса, руб/м³.

Сравнительный анализ основных видов эколого-экономической оценки лесов представлена в таблице [2].

Сложность экономической оценки многих лесных благ по рыночному принципу состоит в том, что они не продаются на рынке (чистый воздух в лесу, лесные ландшафты, чистая вода речного стока и пр.). Большинство этих лесных благ не имеют явной рыночной стоимости (ценности) и являются общественными товарами и услугами. Это означает, что потребление общественных товаров и услуг одним лицом не уменьшает возможности потребления их другими людьми. Например, рекреационные услуги лесного ландшафта для одного человека не снижают их количество для других отдыхающих.

С. Н. Бобылев разделял принципы оценки лесных благ, базирующиеся на рыночной оценке, ренте, затратах, альтернативной стоимости (упущенной выгоде) и общей экономической

ценности. В целом все перечисленные принципы основаны на оценке конкретного вида лесного ресурса или оценке лесных земель. Оценка леса как экосистемы обычно рассматривалось обобщенно (например, с помощью коэффициентов, прилагаемых к оценке лесной земли и к оценке древесины) [3].

Таблица – Сравнительный анализ основных видов эколого-экономической оценки лесов

Виды оценки	Формула оценки	Предназначение оценки
Капитальная (воспроизводственная), R_k	$R_k = R_a \cdot Z_{cp}$ $R_a = \frac{Ц \cdot K_R}{1 + p + K_r} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$ $K_4 = \frac{1}{(1 + E_d)^{A_f - A}}$ <p>R_a – предельный уровень ренты как эффект воспроизводства лесных ресурсов, руб.;</p> <p>Z_{cp} – средний запас насаждений, м³/га;</p> <p>$Ц$ – цена на конечную лесную продукцию, руб.;</p> <p>K_R – рентный коэффициент (равный 0,3);</p> <p>p – коэффициент эффективности продукции лесного комплекса ($p = 0,3$);</p> <p>K_1 – коэффициент выхода конечной продукции с единицы природного сырья;</p> <p>K_2 – коэффициент хозяйственной ценности древесной породы;</p> <p>K_3 – коэффициент экологической ценности;</p> <p>K_4 – коэффициент, учитывающий фактор времени;</p> <p>E_d – средний коэффициент дисконтирования (равный 0,02);</p> <p>A_f – возраст рубки конкретного насаждения, лет;</p> <p>A – средний возраст конкретного насаждения, лет.</p>	Выражает метод капитализации суммированием текущих оценок. В основе – положения о неравноценности равномерных затрат и результатов и необходимости их проведения в сопоставимый вид
Текущая оценка, R_T	$R_T = \frac{R_k}{A}$	Представляет ежегодный эффект воспроизводства ресурсов
Стоимостная интегральная оценка экосистемных услуг, $Ц_{эу}$	$Ц_{эу} = \sum_1^n R_{эк} \cdot S_i$ $R_{эк} = R_T \cdot \left(\frac{q_э}{q_{эк}} - 1 \right)$ <p>$R_{эк}$ – ежегодная оценка услуг экосистемы;</p> <p>S_i – площадь территории i-го типа экосистемы, га;</p> <p>$q_э$ – коэффициент эффективности в экологической сфере;</p> <p>$q_{эк}$ – коэффициент эффективности в экономической сфере.</p>	Денежное выражение экономической ценности системы взаимосвязанных и взаимообусловленных функций природных экологических систем, способствующих удовлетворению социоэкономических потребностей

В связи с введением в практику хозяйствования элементов рыночной экономики подходы к оценке лесных благ базируются на рыночной оценке. Так, «Методика экономической оценки использования важнейших видов природных ресурсов» (1985) рекомендует средозащитную и рекреационную роль лесов первой группы принимать на уровне тройной оценки их лесозащитной ценности, но не ниже кадастровой оценки пашни в данном районе. В других случаях показатели, не имеющие денежного выражения и не отражаемые в инвестиционных потоках, рекомендуется характеризовать в натуральном исчислении [3].

В настоящее время назрела необходимость разработки методических подходов к равнодоверенной оценке как лесных ресурсов, так и средоформирующих, а также социальных функций леса. Трудности при оценке многообразных средоформирующих и социальных функций леса зачастую преодолеваются путем оценки сначала лесных ресурсов, а затем – средоформирующего и социального значения лесов в зависимости от оценки ресурсов. Одно из главных прикладных значений оценки лесов – ее применение при формировании экономических отношений в лесопользовании. Поэтому экономическая оценка леса должна

быть сопоставимой с показателями, используемыми для оценки эффективности всего народного хозяйства. Конкретно это может быть выражено, например, в идентичности принципов оценки лесных благ и действующих положений оценки других видов природных благ.

Одной из важнейших экологических функций лесов является способность поглощать углерод. Развитие глобальных углеродных рынков, которым послужил механизм гибкости Киотского протокола для решения климатической проблемы, позволяет определить стоимость поглощения углерода лесами, которая может быть оценена как рентная плата за использование ассимиляционного потенциала лесов. В настоящее время не существует утвержденной методики подсчета депонирования углерода лесами. В основном для расчетов используется конверсионно-объемный метод. Стоимостная оценка углерододепонирующей полезности лесных экосистем, отражает в стоимостном выражении ежегодное поглощение CO_2 лесной экосистемой, формула 3:

$$Ц_{эд} = Ц_{\text{CO}_2} \cdot A_a, \quad (3)$$

где $Ц_{\text{CO}_2}$ – средняя мировая цена квоты на выброс 1 т CO_2 – эквивалента (принят на уровне 10 долл. США по курсу Нацбанка РБ на дату проведения оценки), руб.; A_a – аккумуляция оксида углерода лесной экосистемы в год, формула 4:

$$A_a = V_{ц} \cdot K_{ок} \cdot K_{п} \cdot У \cdot K_{ф}, \quad (4)$$

где $V_{ц}$ – объемный показатель среднего уменьшения запаса стволовой древесины – ежегодный прирост (определяется как отношение древесного запаса лесообразующей породы по группам возраста (в разрезе категории лесов) к фактическому возрасту древесины), $\text{м}^3/\text{га}$ в год; $K_{ок}$ – конверсионный коэффициент; $K_{п}$ – коэффициент, принятый на уровне 0,5; $У$ – коэффициент, принятый на уровне 3,67; $K_{ф}$ – коэффициент, принятый на уровне 2,04.

Стоимостная интегральная оценка экосистемных услуг – денежное выражение экономической ценности системы взаимосвязанных и взаимообусловленных функций природных экологических систем, способствующих удовлетворению совокупности социально-экономических потребностей общества, формула 5:

$$Ц_{эу} = \sum_1^n R_{эк} \cdot S_i, \quad (5)$$

Рекреационная ценность лесов (на основе альтернативной стоимости) отражает сумму потерь возможного дохода от древесины в результате антропогенного фактора, как альтернативная величина, формула 6:

$$C_{рц} = П_{ф} \cdot K_{п} \cdot R_a, \quad (6)$$

где, $П_{ф}$ – фактическая продуктивность (средний запас на 1 га); $K_{п}$ – коэффициент потерь; R_a – эколого-экономическая оценка 1 м^3 конкретной породы в конкретном возрасте.

Рекреационная ценность лесов (на основе стоимостной оценки полезности рекреационных функций) определяет в денежном выражении полезность рекреационных функций лесов с учетом как стоимости благоустройства, так и стоимости углерододепонирующих функций, формула 7:

$$C_{рф} = П_{q} \cdot T \cdot C_б, \quad (7)$$

где, $C_{рф}$ – эколого-экономическая ценность на основе стоимостной оценки полезности рекреационных функций; $П_{q}$ – стоимость полезности рекреационных функций руб/час в расчете на 1 чел; T – плотность посещения участка чел/час на 1 га в год; $C_б$ – стоимость благоустройства долл/га.

Предложенные комплексные подходы к оценке выполняемых лесами различных благ (рисунок 1), услуг и функций будет стимулировать устойчивое лесопользование, выравнивать условия и результаты лесозаготовительного производства, справедливое изъятие лесного рентного дохода, который может направляться не только на восстановление, защиту и охрану лесов, но и на реализацию экологически значимых проектов и программ.

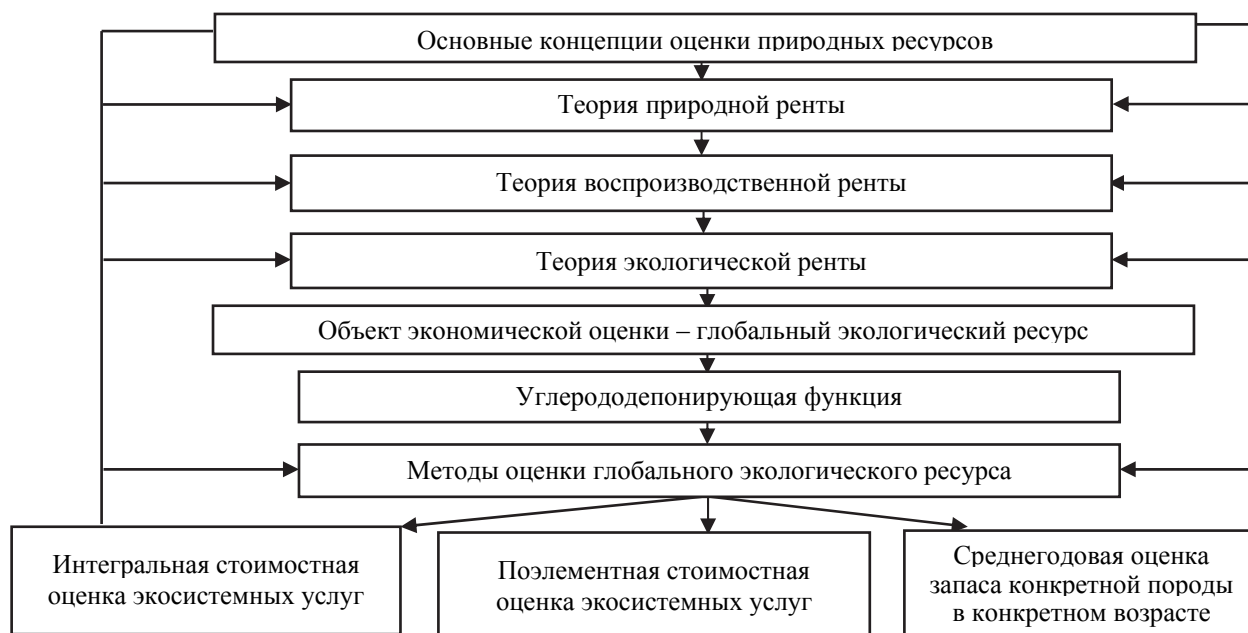


Рисунок 1 – Основные концепции оценки природных ресурсов

Лес – специфический вид природных ресурсов, сложный природный комплекс, поэтому могут рассчитываться различные оценки: количественная, качественная, абсолютная, сравнительная, текущая, капитальная, потенциальная, фактическая. Объектом оценки могут выступать: лес на корню, годичный прирост, продукты побочного пользования, полезные функции леса (почвозащитные, водоохраные, углерододепонирующие и другие), лесные земли, лесное угодье (биогеоценоз).

Многочисленные отличительные признаки лесных ресурсов: особенности воспроизводства, функции в экономическом процессе, специфика действий ряда биологических и экономических законов в сфере лесопользования, локальный и одновременно планетарный характер проявления эффектов от использования функций леса, показывают насколько сложен этот объект для оценки.

Список использованных источников:

1. Правила отвода и таксации лесосек в лесах Республики Беларусь – Пост. Мин. Лесного хозяйства РБ от 26 декабря 2016 г. – № 84 – Минск 2016.
2. Неверов А.В. Экономика природопользования. / А.В. Неверов – Минск: БГТУ, 2008. – 538 с.
3. Рожков, Л. Н. Основы теории и практики рекреационного лесоводства – Минск, 2001 – 292 с.

УДК 635.713: 631,5(476)

Е.В. Карпинская, А.Р. Цыганов
БГТУ, г. Минск

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОРГАНИЗАЦИИ

На Витебской ТЭЦ ведется производственный экологический контроль, направленный на защиту воздушного бассейна, предотвращение загрязнения водоемов и почвы, рациональное использование водных ресурсов. Ведется контроль за соблюдением лимитов выбросов, сбросов, размещение отходов производства.

Производственный экологический контроль на ТЭЦ проводит лаборатория промышленной экологии (ЛПЭ) в соответствии с требованиями соответствующих нормативно-правовых актов согласно области аккредитации.

Производственный аналитический контроль сточных и поверхностных вод, а также замеры выбросов от котлоагрегатов производятся 2 раза в месяц.

Всего на предприятии в 2017 году учтено 17 источников выбросов, из них на двух установлены газоочистные сооружения (таблица 1).

Таблица 1 – Стационарные источники выбросов загрязняющих веществ от ТЭЦ за 2015-2017 годы

Наименование показателя	Значение		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.
1 Количество источников, всего	15	17	17
в том числе:			
– организованных	6	6	6
– неорганизованных	9	11	11
– оснащенных ГОУ	–	2	2
– включенных в систему локального мониторинга	2	2	2

Основными источниками выделения загрязняющих веществ на ТЭЦ являются паровые и водогрейные котлы, а источниками загрязнения атмосферы – дымовые трубы, через которые осуществляется выброс загрязняющих веществ с дымовыми газами.

Основным топливом на ТЭЦ является природный газ, резервным – мазут. Загрязняющими веществами, образующимися при сжигании топлива на объекте исследования, являются:

- диоксид азота;
- оксид азота;
- оксид углерода;
- диоксид серы;
- зола мазута.

Динамика выбросов загрязняющих веществ приведена в таблице 2.

Всего за отчетный 2017 год было выброшено 302,572 тонн загрязняющих веществ, в том числе 300,872 т от сжигания топлива и 1,700 т от технологических и других процессов. Следует отметить, что в анализируемом периоде выросло количество суммарных выбросов оксидов азота (IV и II), а также газов, обладающих парниковым эффектом. В то же время в 2017 году, в сравнении с 2016 годом, отсутствуют выбросы золы мазута, и достигнуто снижение выбросов диоксида серы. Положительным моментом является тот факт, что суммарные выбросы загрязняющих веществ составили в 2017 году 42,6% от установленных лимитов на отчетный год.

Экономический ущерб, наносимый промышленными выбросами, составил:

$$У_{2015} = 2,4 \times 8 \times 2,8 \times 289,17 = 15547,78 \text{ руб.}$$

$$У_{2016} = 2,4 \times 8 \times 2,8 \times 316,337 = 17006,28 \text{ руб.}$$

$$У_{2017} = 2,4 \times 8 \times 2,8 \times 302,572 = 16266,27 \text{ руб.}$$

Таким образом, в 2017 году стоимостная оценка вреда, наносимого организацией окружающей среде, составила 16,3 тыс. руб.

Подача речной воды на технологические нужды ТЭЦ осуществляется от береговой насосной станции дали (БНС) по трем циркуляционным водоводам (1-700 мм и 2 по 1000 мм), оснащенных приборами учета (марки СПТ-961 СВТУ-10). Состав водозаборных сооружений: ряжевые оголовки, водоприемные колодцы, БНС (циркуляционные насосы № 1,2,3). Общая производительность трех циркуляционных насосов – 110400 м³/сутки (4600 м³/час).

Сброс производственных сточных вод в реку Западная Двина осуществляется по сбросному циркуляционному водоводу, оснащенный прибором учета. Оголовок выпуска сточных вод в реку (выпуск №1) расположен ниже места забора на расстоянии 905 м.

Таблица 2 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух по источникам и по ингредиентам (т/год) за 2015-2017 годы

Наименование загрязняющих веществ	Класс опасности	Всего выброшено загрязняющих веществ, т/год		
		2015 г.	2016 г.	2017 г.
Зола мазута (V)	II	0,046	0,206	–
Сера диоксид	III	12,689	25,928	6,801
Азот (IV) оксид (азота диоксид)	II	199,799	210,965	214,838
Азот (II) оксид (азота оксид)	III	32,467	34,282	34,899
Всего		289,17	316,337	302,572
Лимиты		849,184	784,044	710,325
Выбросы из дымовых труб		286,903	314,934	300,872
Газы, обладающие парниковым эффектом в том числе:		245,050	251,472	265,366
– диоксид углерода		245,050	251,472	265,366

На ТЭЦ в настоящее время имеется система оборотного водоснабжения, которая представляет собой замкнутую систему по охлаждению масла турбин, исключающую попадание нефтепродуктов в реку Западная Двина. Расход воды в системе оборотного водоснабжения составляет 370 тысяч м³/год.

Существующая система повторного использования воды представляет собой систему канализации нефтесодержащих стоков от оборудования станции и с территории предприятия. Указанные стоки собираются в приемном резервуаре, очищаются на очистных сооружениях (производительностью 50 т/ч) и подаются на повторное использование на насос сырой воды.

Установка для очистки сточных вод от нефтепродуктов (очистные сооружения) работает по схеме: приемный резервуар – напорная флотация – механические фильтры – угольные фильтры.

Водоснабжение из реки Западная Двина используется для технических производственных нужд ТЭЦ (охлаждение технологического оборудования, химическая подготовка воды для подпитки котлов и теплосети); для передачи технической воды другим предприятиям – потребителям (ОАО «Витебские ковры», ОАО «Витебский комбинат шелковых тканей»). Водоснабжение из городского водопровода – для хозяйственно-питьевых нужд.

Водоотведение в реку Западная Двина сточных вод складывается из двух потоков:

– нормативно-чистых вод (не требующих очистки) после охлаждения основного и вспомогательного оборудования;

– нормативно-очищенных сточных вод после механической очистки продувочных вод осветлителей химической водоочистки на шламонакопителе.

Анализ данных позволил сделать заключение о том, что все показатели водопотребления и водоотведения не превышали допустимых объемов. За три года выросли объемы изъятной и полученной воды, количество воды, переданной другим организациям, а также использованной для производственных нужд.

Таблица 3 – Водопотребление ТЭЦ за 2015-2017 годы

Наименование показателя	Значение, тыс. м ³		
	2015 г.	2016г.	2017г.
1 Объем изъятной (добытой) и полученной воды, всего	2169,00	2834,48	2349,12
в том числе:			
1.1 из поверхностных вод	2143,00	2807,09	2326,30
1.2 из других источников – из водопровода населенного пункта	26,00	27,39	28,82
2 Использовано воды для:	2040,00	2687,12	2185,12
2.1 хозяйственно-бытовых нужд	26,00	27,39	22,82
2.2 производственных нужд	2014,00	2659,73	2162,30
3. Передано другим организациям	129,00	147,36	164,00
4. Обратное использование воды	370,00	370,00	370,00
5. Повторное использование воды	565,00	623,82	636,29

Одновременно в организации снизилось водопотребление для хозяйственно-бытовых целей, увеличились объемы повторного использования воды. В 2017 году, по сравнению с 2015 годом, увеличились объемы водоотведения промышленных сточных вод, в то время как объемы поверхностных вод не изменились.

Коэффициент чистоты используемых водных ресурсов в анализируемом периоде составил:

$$K_{чв2015}=26/2169\times 100=1,2\%$$

$$K_{чв2016}=27,39/2834,48\times 100=0,97\%$$

$$K_{чв2017}=22,82/2349,12\times 100=0,97\%$$

В анализируемом периоде коэффициент чистоты снизился с 1,2% в 2015 году до 0,97% в 2017 году.

Коэффициенты эффективности использования водных ресурсов в анализируемом периоде составили:

$$K_{эв2015} = 2014/2169\times 100 = 92,9\%$$

$$K_{эв2016} = 2659,73/2834,48\times 100 = 93,8\%$$

$$K_{эв2017} = 2014/2349,12\times 100 = 85,7\%$$

Расчеты свидетельствуют о снижении эффективности использования водных ресурсов в 2017 году.

Коэффициенты объемов возобновления водных ресурсов в анализируемом периоде составили:

$$K_{вв2015} = 1711/ 2169\times 100=78,9\%$$

$$K_{вв2016} = 2325,21/ 2834,48\times 100=82,03\%$$

$$K_{вв2017} = 1803,93/ 2349,12\times 100=76,8\%$$

В 2017 году имеет место снижение эффективности объемов возобновления водных ресурсов.

В анализируемом периоде процент водооборота составил:

$$K_{ин2015} = 370/ 2169\times 100=17,06\%$$

$$K_{ин2016} = 370/ 2834,48\times 100=13,05\%$$

$$K_{ин2017} = 370/ 2349,12\times 100=15,75\%$$

Таким образом, в 2017 году основные показатели использования и возобновления водных ресурсов ухудшились.

Проведем анализ платежей за использование природных ресурсов (экологических платежей) и расчет показателей экологичности и природоёмкости производства.

В 2015–2017 годах для филиала действовал коэффициент в размере 0,27 к ставкам налога (за часть выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, образующихся при сгорании топлива для удовлетворения теплоэнергетических нужд населения (подп. 3.2 п. 3 ст. 207 НК)).

В таблице 5 приведем платежи за использование природных ресурсов.

В целом, в организации увеличились налоги и неналоговые платежи в анализируемом периоде, что связано, кроме прочего, с ростом ставки налога.

Проведем оценку воздействия организации на окружающую среду с использованием специальных индикаторов – показателей экологичности и природоёмкости производства.

К ним относятся ущербоемкость и отходоемкость.

Таблица 4 – Водоотведение ТЭЦ за 2015-2017 годы

Наименование показателя	Значение, тыс. м ³		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.
1. Объем отведенных сточных вод, всего	1711,00	2325,21	1803,93
1.1 Хозяйственно-бытовые	26,00	27,39	22,82
1.1.1 передано другим организациям			
с очисткой	–	–	–
без очистки	26,00	27,39	22,82
1.1.2 отведено в водные объекты	–	–	–
1.1.3 отведено в подземные воды	–	–	–
1.1.4 отведено в недра	–	–	–
1.2 Промышленные	1682,00	2295,13	1778,42
1.2.1 передано другим организациям			
с очисткой	–	–	–
без очистки	–	–	–
1.2.2 отведено в водные объекты – р. Западная Двина	1682,00	2295,13	1778,42
1.2.3 отведено в подземные воды	–	–	–
1.2.4 отведено в недра	–	–	–
1.3 Поверхностные (дождевые, талые и др.)	2,70	2,69	2,69
1.3.1 передано другим организациям			
с очисткой	–	–	–
без очистки	2,70	2,69	2,69
1.3.2 отведено в водные объекты	–	–	–
1.3.4 отведено в недра	–	–	–

Определим ущербоемкость производства в период с 2015 по 2017 гг.

$$УЕП_{2015} = 15,5 / 2496 = 0,62$$

$$УЕП_{2016} = 17,0 / 3012 = 0,56$$

$$УЕП_{2017} = 16,3 / 3642 = 0,45$$

Таблица 5 – Платежи за использование природных ресурсов (экологические платежи)

Наименование показателя	Начислено всего, руб.		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Платежи за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, в том числе:	74 370,0	91 422,44	105 158,76
– по веществам II класса опасности	66 779,86	80 720,25	95 628,65
– по веществам III класса опасности	5 092,37	7 837,57	6 142,6
– по веществам IV класса опасности	2 497,77	2 864,62	3 387,51
Добычу (изъятие) природных ресурсов (вода)	47 150,0	78 205,48	69 789,00
Сброс сточных вод	102 610,0	160 659,10	142 273,90
Хранение отходов	180,0	460,16	528,22
Захоронение отходов	3060,0	1 100,80	981,74
Средства, выплаченные в компенсирование вреда, причиненного нарушением природоохранного законодательства (штрафы, иски, ущерб и др.)	126,0	63	126,5
Итого по налогам и неналоговым платежам	227 496,0	331 910,98	318 858,12

Определим отходоемкость производства в 2015–2016 годах.

$$ОЕП_{2015} = 122,809 / 2496 = 0,05 \text{ т/тыс. руб.}$$

$$ОЕП_{2016} = 358,705 / 3012 = 0,12 \text{ т/тыс. руб.}$$

В анализируемом периоде ущербоемкость производства снизилась, что является положительным моментом в деятельности организации, в то время как отходоемкость возросла.

Таким образом, проведенный анализ позволяет сформулировать ряд выводов.

Всего на предприятии в 2017 году учтено 17 источников выбросов, из них на двух установлены газоочистные сооружения. Основными источниками выделения загрязняющих

веществ на ТЭЦ являются паровые и водогрейные котлы, а источниками загрязнения атмосферы – дымовые трубы, через которые осуществляется выброс загрязняющих веществ с дымовыми газами. В анализируемом периоде выросло количество суммарных выбросов оксидов азота (IV и II), а также газов, обладающих парниковым эффектом. В то же время в 2017 году, в сравнении с 2016 годом, отсутствуют выбросы золы мазута, и достигнуто снижение выбросов диоксида серы. Положительным моментом является тот факт, что суммарные выбросы загрязняющих веществ составили в 2017 году 42,6% от установленных лимитов на отчетный год. В 2017 году вырос размер вреда, наносимого организацией окружающей среде, который составил 16,3 тыс. руб.

Все показатели водопотребления и водоотведения в анализируемом периоде не превышали допустимых объемов. Вместе с тем в динамике можно судить о снижении эффективности использования и возобновления водных ресурсов.

УДК 330.3:336.027

А.Г. Штепа

Полесский государственный университет

ПЕРЕХОД К ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКЕ В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Аннотация. Исследованы принципы циркулярной экономики. Доказана необходимость внедрения замкнутых циклов ресурсооборота в условиях устойчивого развития. Определен вектор исследований, состоящий в принципах перехода к циркулярной экономике на основе разработки математического моделирования и программных средств поддержки принятия решений.

Ключевые слова: Циркулярная экономика, экология, переработка отходов, замкнутый цикл, животноводство, математическая модель, система поддержки принятия решений, программное обеспечение.

На сегодняшний день стремительными темпами развивается промышленность, в том числе агропромышленный комплекс. Такой рост способствует развитию мировой экономики и улучшение экономического благосостояния общества. В то же время с усилением промышленности ключевой экологической проблемой является рост объемов производственных отходов и их утилизация. С проблемами экономико-экологического характера и путями поиска их решения сталкивается все мировое сообщество, в том числе и Республика Беларусь.

Возможностью решения данной проблемы становится переход к циркулярной экономике (ЦЭ) – экономики с замкнутым производственным циклом.

Данный переход позволит уменьшить нагрузку на окружающую среду и при этом обеспечит стойкий экономический рост.

ЦЭ представляет собой одно из направлений зеленой экономики, её целью является создание жизненной среды, основанной на разумном и устойчивом использовании ресурсов. Она выступает альтернативой традиционной линейной экономике, в основе которой лежит добыча ресурсов, их переработка, использование и превращение в отходы.

Основным принципом внедрения данного подхода является обеспечение максимальной эффективности от каждого процесса в жизненном цикле товара или услуги, поэтому обращение с отходами становится одним из приоритетных направлений развития инноваций.

Кроме этого, переход к ЦЭ создаст огромные возможности для модернизации производства и внедрения промышленных инноваций. В частности, Германия, обладая мощной индустрией, сформировала основу ЦЭ через материальные потоки и доступность материалов, а Нидерланды – на инновациях в материалах и бизнес-моделях. Финляндия является первой страной в мире, которая разработала национальную дорожную карту для перехода

к циркулярной экономике. Шотландия стала первой страной, вступившей в клуб Circular Economy 100 (CE100), созданный по инициативе Фонда Эллен МакАртур, в целях стимулирования сотрудничества и инноваций для развития циркулярной экономики. При этом в рейтинге ЦЭ-2018 Германия занимает первое место по количеству патентов, связанных с циркулярной экономикой более чем в два раза опережая по данному показателю Францию, которая находится на втором месте (1260 патентов против 542). Великобритания и Германия являются лидерами по «циркулярным» инвестициям существенно опережая другие страны Союза.

Однако, сохраняющаяся тенденция образования большого количества отходов в странах Западной и Северной Европы существенно снижает позиции в рейтинге циркулярной экономики таких стран как Нидерланды, Дания и Швеция несмотря на достаточно высокий уровень финансирования инноваций и развития переработки отходов.

Вместе с тем созданная в 2013 г. Китайская ассоциация ЦЭ (China Association of Circular Economy) является национальной организацией, проводит государственную политику сохранения ресурсов, охраны окружающей среды и реализует закон о продвижении циркулярной экономики. Ассоциация оказывает содействие в разработке планов развития для отраслей и отдельных предприятий, в продвижении передовых технологий и коммерческих проектов содействуя внедрению такой концепции на всех уровнях [2].

Переход к ЦЭ потребует модернизации и внедрения в производство инноваций, основанных на дематериализации, продолжительном жизненном цикле товаров и ресурсов, из которых сделан продукт, восстановлении, реконструкции, возможности совместного потребления, переработки и, если возможно, то и модуляризации. Обязательным требованием

является выполнение требований экологической безопасности.

В свою очередь необходимость перехода к ЦЭ в Республике Беларусь отражено в соответствующих нормативных документах:

– *Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года [3]:*

Стратегической целью государственной политики в области охраны окружающей среды является обеспечение экологически благоприятных условий для жизнедеятельности общества и граждан. Поставленная цель предполагает решение следующих задач: повышение эффективности использования природно-ресурсного потенциала при обеспечении целостности природных комплексов и удовлетворении потребностей общества в настоящем и будущем; обеспечение устойчивого снижения вредных воздействий на окружающую среду при осуществлении хозяйственной и иной деятельности путем: экологизации социально-экономического развития на национальном, отраслевом и региональном уровнях; совершенствования организационных, технических и планировочных решений по снижению негативного воздействия на окружающую среду; повышение уровня экологической безопасности».

– *Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 года:*

Стратегической целью государственной политики в области сохранения водного потенциала страны является повышение эффективности использования и улучшении качества водных ресурсов. Для достижения этой цели потребуются:

– повсеместное внедрение прогрессивных энерго– и ресурсосберегающих технологических процессов;

– внедрение наилучших технических методов для комплексного предотвращения и контроля загрязнения окружающей среды.

Поэтому в современных экономических условиях компании столкнулись с необходимостью внедрения замкнутых циклов ресурсооборота, что вызвано достаточно высокими экологическими требованиями к качеству отходов отводимых в окружающую среду и потенциальной возможностью получения из них ликвидных товаров.

Вместе с тем, при наличии эффективных технологических решений, не разработана унифицированная методическая база их оптимального использования в реальном секторе экономики, что вызвано многопараметричностью и нелинейностью экономико-техни-

ческих показателей и отсутствием программных средств поддержки принятия решений при внедрении принципов циркулярной экономики на конкретных предприятиях.

Поэтому научная идея, которая базируется на предположении, что комплексные учёт и оптимизация принципов циркулярной экономики и технологий переработки производственных отходов при выполнении требований экологической безопасности на основе математического моделирования (нейронных сетей) и информационных систем позволят обеспечить соблюдение требований охраны окружающей среды при улучшении экономических показателей животноводческих предприятий является актуальной.

Список использованных источников

1. Ellen MacArthur Foundation (2016). Money makes the world goes round (and will it help to make the economy circular as well?), онлайн: goo.gl/wlahzp.
2. CACE (2018) Overview. China Association of Circular Economy. – <http://en.chinacace.org/about?tag=Overview>
3. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г./Национальная комиссия по устойчивому развитию Республики Беларусь. — Мн.: Юни, пак. — 143 с.
4. Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 года [Электронный ресурс] // Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 2017 // – Режим доступа: http://www.minpriroda.gov.by/ru/new_url_1649710582-ru/ (дата обращения: 15.02.2019)

УДК 581.19: 581.2.02

В.И. Домаш, О.Л. Канделинская, О.А. Иванов,
Т.П. Шарпио, Е.Р. Грищенко, С.А. Забрейко
ГНУ «Институт экспериментальной ботаники
им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси», г. Минск

БИОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АДАПТАЦИИ ДИКОРАСТУЩИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ К ТЕХНОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ ПО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»

На территории Беларуси среди наиболее преобразованных регионов по степени техногенной трансформации земной поверхности признан район Солигорских калийных производств. Отмечено, что их воздействие на окружающую среду связано не только с изъятием земель и преобразованием поверхности, заболачиванием и подтоплением территорий в результате просадок, но и интенсивным загрязнением воздушной среды, почв, подземных вод, угнетением растительности. Количество промышленных отходов, накопленных на земной поверхности Солигорского района, превышает 700 млн т.

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха на территории Солигорскогорно-промышленного района являются промышленные предприятия и автотранспорт. Стационарные источники здесь выбрасывают около 10 тыс. т загрязняющих веществ в год, причем на долю ПО «Беларуськалий» приходится около 98 %. Специфическими загрязнителями воздушной среды в зоне воздействия калийных производств является хлористый водород. Кроме того, в атмосферу попадают выбросы диоксида серы, диоксида азота, оксида углерода, хлористого калия и других загрязняющих веществ, которые негативно воздействуют на животный и растительный мир, как вблизи расположения предприятия, так и далеко за его пределами. Так, например, на производственной площадке 4 рудоуправления ОАО «Беларуськалий» выявлено 310 источников выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Источники предприятия выбрасывают загрязняющие вещества 59-ти наименований. Все это оказывает существенное влияние на формирование экологической обстановки [1].

Как показали исследования Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, распределение загрязнителей в почвах территорий, прилегающих к ПО «Беларуськалий» определялось почвенным покровом и степенью гидроморфизма почв, расстоянием от источника эмиссии направлением господствующих ветров. По мере перехода от дерново-подзолистой супесчаной почвы нормального увлажнения к дерново-падзолистым легкосуглинистой глееватой почвам наблюдается увеличение концентрации загрязнителя подвижных форм хлора во всех горизонтах почвенного профиля [2–5].

В связи с этим, представляется важным исследование действия загрязнений ПО «Беларуськалий» на дикорастущие виды растений с целью выявления биохимических маркеров их устойчивости. Таковыми могут служить компоненты протеиназно-ингибиторной системы, антиоксидантной защиты, углеводсвязывающие белки лектины. Указанные белки играют существенную роль в жизнедеятельности растительного организма, принимая участие в процессах деградации запасных белков при прорастании, синтезе их при созревании семян, при формировании защитных механизмов и пр.

Целью работы являлось изучение влияния солеотвалов ПО «Беларуськалий» на активность белков, выполняющих защитные функции в растениях: ингибиторов трипсина, ферментов антиоксидантной защиты, углеводсвязывающих белков лектинов в дикорастущих видах растений Беларуси.

Объектом исследований служили дикорастущие растения семейств Зонтичные (морковь дикая, *Daucus carota*), Сложноцветные (полынь обыкновенная, *Artemisia vulgaris*, пижма обыкновенная, *Tanacetum vulgare*) и Злаки (вейник наземный, *Calamagrostis epigejos*).

Содержание подвижных форм калия, фосфора, натрия и хлора в почве определяли согласно ГОСТ 26207-91, ГОСТ 26425-85 п.1 и ГОСТ 26950-86.

Активность белков-ингибиторов трипсина определяли по уменьшению скорости гидролиза субстрата ферментом в присутствии белков-ингибиторов В качестве субстрата использовали синтетический $N\alpha$ -бензоиларгининнитроанилид (БАПА)

Антиоксидантную активность определяли с использованием фотохимической системы генерирования радикалов супероксида, которая основана на реокислении фотовосстановленного рибофлавина.

Гемагглютинирующую активность лектинов определяли с использованием эритроцитов кролика посредством микротитрования на иммунологических планшетах с U-образными лунками с последующим добавлением в них 2,5% суспензии эритроцитов кролика. Активность лектинов выражали в величинах, обратных минимальной концентрации белка, при которой отмечали реакцию гемагглютинации (Ед/г сыр. массы).

Результаты исследований показали различное содержание подвижных форм хлора, фосфора и натрия на участках, удаленных на 50 и 70 м от солеотвалов ПО «Беларуськалий» (табл. 1). Как видно из представленных данных, наиболее высокое содержание элементов обнаружено на расстоянии 70 м от солеотвала. Контролем служил участок на расстоянии 500 м от солеотвала.

Таблица 1 – Содержание подвижных форм элементов в образцах почвы (в мг/кг)

Образец	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na водн.	Cl
Контроль (500 м от отвала)	30,6	105,1	13,5	7,97
50 м от отвала	138,8	341,9	10,5	6,62
70 м от отвала	97,2	450,7	10,5	17,83
130 м от отвала	70,3	301,2	20,5	30,92

В таблицах 2 и 3 представлены результаты исследований действия загрязнителей ПО «Беларуськалий» на некоторые биохимические показатели у дикорастущих видов растений, которые были собраны на территориях, прилегающих к солеотвалам.

Таблица 2 – Влияние ПО «Беларуськалий» на активность лектинов (содержание от контроля, %).

Варианты опыта	Морковь дикая	Пижма обыкновенная	Полынь обыкновенная
Контроль (500 м от отвала)	100	100	100
50 м от отвала	97,8	64,6	72,3
70 м от отвала	82,2	202,5	109,4

Согласно данным таблицы 2, выявлена видоспецифичность показателя активности лектинов в зависимости от уровня загрязнения почв различными ионами, в частности, ионами хлора. Наиболее чувствительными к действию загрязнителей были растения пижмы обыкновенной и полыни обыкновенной на расстоянии 70 м от солеотвала ПО «Беларуськалий». Согласно данным таблицы 3, уровень антиоксидантной активности у растений пижмы обыкновенной был на 24% выше на расстоянии 50 м от отвала, а у моркови дикой – на 70–170% на расстоянии 50 и 70 м от отвала. В остальных случаях этот показатель оказался ниже контрольных значений. Показатель активности ингибиторов трипсина, в основном, находился на уровне контрольных значений. Однако, данный показатель у моркови дикой повышался на 24% на расстоянии 70 м от отвала, где были зафиксированы более высокие концентрации ионов хлора.

Таблица 3 – Влияние ПО «Беларуськалий» на антиоксидантную активность и активность ингибиторов трипсина у дикорастущих видов растений

Варианты опыта	Антиоксидантная активность, %	% к контролю	Активность ингибиторов трипсина, ИЕ/г а.с.м.	% к контролю
Пижма обыкновенная				
Контроль (500 м от отвала)	43,55±0,14	100	6,52 ±0,23	100
50 м от отвала	54,31± 0,92	124,7	11,56 ± 0,32	45,3
70 м от отвала	28,23±0,81	64,82	22,75 ± 0,18	89,1
Полынь обыкновенная				
Контроль (500 м от отвала)	70,98±0,61	100	13,34±0,00	100
50 м от отвала	25,54±0,46	35,98	13,28± 0,14	99,5
70 м от отвала	57,67±0,40	81,25	12,95± 0,13	97,1
Морковь дикая				
Контроль (500 м от отвала)	20,17±0,80	100	17,20±0,00	100
50 м от отвала	34,68±0,81	171,9	16,50± 0,16	95,9
70 м от отвала	54,84±0,30	271,9	21,35±0,14	124,1
Вейник наземный				
Контроль (500 м от отвала)	67,35±0,40	100	15,50 ± 0,05	100
50 м от отвала	55,65±0,81	82,6	13,50± 0,07	87,1
70 м от отвала	62,72±0,14	93,1	14,65± 0,09	94,5

Как показали результаты исследований, образцы растений, взятые в конце вегетации в осенний период, имеют более высокую антиоксидантную активность и более низкую активность ингибиторов трипсина, связанную, возможно, с присутствием более высоких концентрации подвижных ионов элементов в почве и ответной реакции на них.

Таким образом, результаты исследований позволили установить действие техногенных загрязнений ПО «Беларуськалий» на биохимические показатели дикорастущих видов растений. Отмечена более высокая реакция растений на содержание хлора в почве по отношению к контролю (фоновая засоленность). Установлено, что общая антиоксидантная активность и активность ингибиторов трипсина листьев исследуемых растений в начале вегетации снижалась в среднем, соответственно, на 23,8% и 42% по сравнению с контролем. К концу вегетации установлено повышение активности данных показателей в среднем на 20,4 и 10,2% соответственно. Отмечена более высокая активность ингибиторов трипсина у моркови дикой, что говорит о ее более высокой чувствительности к загрязнителям. Установлена видоспецифич-

ность активности лектинов в зависимости от уровня загрязнения почвы различными ионами, в частности, ионами хлора.

Исследование влияния воздействий ПО «Беларуськалий» на антиоксидантную активность, активность ингибиторов трипсина, лектинов в листьях исследованных растений и их связи с уровнем загрязнения почв солеотвалов подвижными ионами хлора, фосфора, натрия и калия позволило разработать биохимический метод индикации техногенного загрязнения ПО «Беларуськалий» с помощью дикорастущих видов растений. Результаты исследований вносят вклад в выявление биохимических маркеров устойчивости различных видов растений к стрессовым воздействиям, в том числе солеотвалов ПО «Беларуськалий», которые могут быть использованы для оценки экологического состояния как его территорий, так и физиологического статуса представителей дикорастущей флоры.

Список использованных источников

1. Куликов Я.К. Экологические проблемы Беларуси. Мн., БГУ. 2006, 103 с.
2. Экологические проблемы районов крупных разработок минеральных солей (на примере Солигорских калийных комбинатов) / А.В. Матвеев [и др.] // Проблемы экологической геологии в Прибалтике и Белоруссии. – Вильнюс, 1990. – С. 116–120.
3. Головатый С.Е. Пространственное распределение химических загрязнителей в почвах территорий, прилегающих к предприятиям ПО «Беларуськалий» // Почвоведение и агрохимия. Хлориды. – 2008. – №1(40). – С. 297–313.
4. Головатый С.Е. Пространственное распределение химических загрязнителей в почвах территорий, прилегающих к предприятиям ПО «Беларуськалий» // Почвоведение и агрохимия. Натрий – 2008. – №2(41). – С. 244–255.
5. Логинов, В.Ф. Природная среда Беларуси– Мн.: НОООО «БИП_С», 2002. – 246 с.

УДК504.453/556.53

И.А. Булак, В.Н. Корнеев, Л.Н. Гертман

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» (РУП «ЦНИИКИВР»)

ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ СРЕДНИХ И МАЛЫХ РЕК БЕЛАРУСИ НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНОВ РЕК ЗАПАДНОЙ ДВИНЫ И ДНЕПРА

Существующие в настоящее время прогнозы показывают, что мировое потребление электроэнергии вырастет к 2030 г. по сравнению с 2000 г. в 2 раза, а к 2050 г. – в 4 раза. В этой связи глобальной проблемой развития человечества является проблема сохранения безопасного состояния окружающей среды. Поэтому наряду с остальными возобновляемыми источниками энергии возрастает роль гидроэнергетики, которая основана на использовании экологически чистой энергии водных потоков и позволяет наряду со значительным уменьшением выбросов в окружающую среду одновременно комплексно решать проблемы водоснабжения, орошения, защиты от наводнений и т.д.

Исчерпание возможностей освоения крупных водотоков приводит к развитию малой гидроэнергетики. К этой области гидроэнергетики, имеющей свои технические особенности, относятся ГЭС малой мощности – малые ГЭС, эксплуатирующие сток малых, средних и верховья крупных рек. В Беларуси принята следующая классификация ГЭС в зависимости от установленной мощности: крупные ГЭС – от 10 МВт и выше; малые ГЭС – от 1 до 10 МВт; мини-ГЭС – от 100 кВт до 1 МВт; микро-ГЭС – менее 100 кВт [1].

Малая гидроэнергетика получила значительное развитие также по причине небольших сроков окупаемости, минимальных площадей затопления, обеспечения электроэнергией изолированных от энергосистемы (или требующих резервирования) потребителей, что дает, в конечном счете, преимущества для местного и регионального развития территорий.

Важной задачей при использовании водно-энергетического потенциала средних и малых рек является проведение на них инвентаризации перспективных створов размещения гидроэнергетических установок и определение эффективности строительства объектов гидроэнергетики с учетом экологических аспектов их внедрения.

До настоящего времени основным источником данных по гидроэнергетическому потенциалу средних и малых рек Беларуси являлся Водно-энергетический кадастр Белорусской ССР, разработанный в 1962 г., в котором представлены водно-энергетические характеристики 353 рек Беларуси. Приведенные в нем данные за более чем 50 лет потеряли свою актуальность и требуют существенного уточнения и кардинальной переработки.

Поэтому с 2016 по 2020 годы РУП «ЦНИИКИВР» проводит исследования по разработке каталога створов размещения установок по использованию водно-энергетического потенциала средних и малых рек Беларуси (с учетом существующих и перспективных створов ГЭС) для основных речных бассейнов Западной Двины, Днепра, Припяти, Немана и Западного Буга. Исследования проводятся в рамках задания 2.1.4 подпрограммы II «Устойчивое использование природных ресурсов и охрана окружающей среды» Государственной научно-технической программы «Природопользование и экологические риски», 2016–2020 годы.

За период 2016–2018 гг. были проведен комплекс исследований по актуализации информации основных морфометрических и гидрологических (с использованием данных Белгидромета) характеристик средних и малых рек бассейнов рек Западной Двины и Днепра для определения их гидроэнергетического потенциала.

Створы площадок перспективного размещения установок по использованию водно-энергетического потенциала определяются с учетом минимизации затопления прилегаю-

ших территорий и объектов при размещении плотин водохранилищ ГЭС с выполнением условий по обеспечению достаточного напора для функционирования ГЭС. Всего в бассейне Западной Двины обоснован перечень 58 рек для возможного использования их гидроэнергетического потенциала с размещением на них 324 площадок перспективного размещения установок по использованию водно-энергетического потенциала. Для бассейна Днепра обоснован перечень 95 рек с размещением на них 371 площадки перспективного размещения установок по использованию водно-энергетического потенциала.

Для предложенных створов рек определяются основные гидрологические характеристики. Для рек, по которым имеются регулярные наблюдения Белгидромета их гидрологического режима, эти характеристики определяются с использованием этих данных, а для рек, по которым не имеется указанная информация – путем прямых гидрометрических измерений в ходе экспедиционных исследований. По результатам измерений выполняются гидрологические расчеты расходов воды, а также последующие расчеты по определению расходов воды для различных гидрологических условий с использованием расчетного по данным измерений расхода воды. По фондовым данным и в ходе экспедиционных исследований также определяются морфометрические характеристики русла и долин рек, выполняется оценка состояния существующих водохранилищ для перспективного размещения гидроузлов ГЭС. Далее производится расчет характеристик продольного профиля рек и потенциальных водно-энергетических ресурсов в зависимости от водности водных объектов с учетом прогнозных оценок изменения стока рек в условиях изменения климата (рисунок 1).

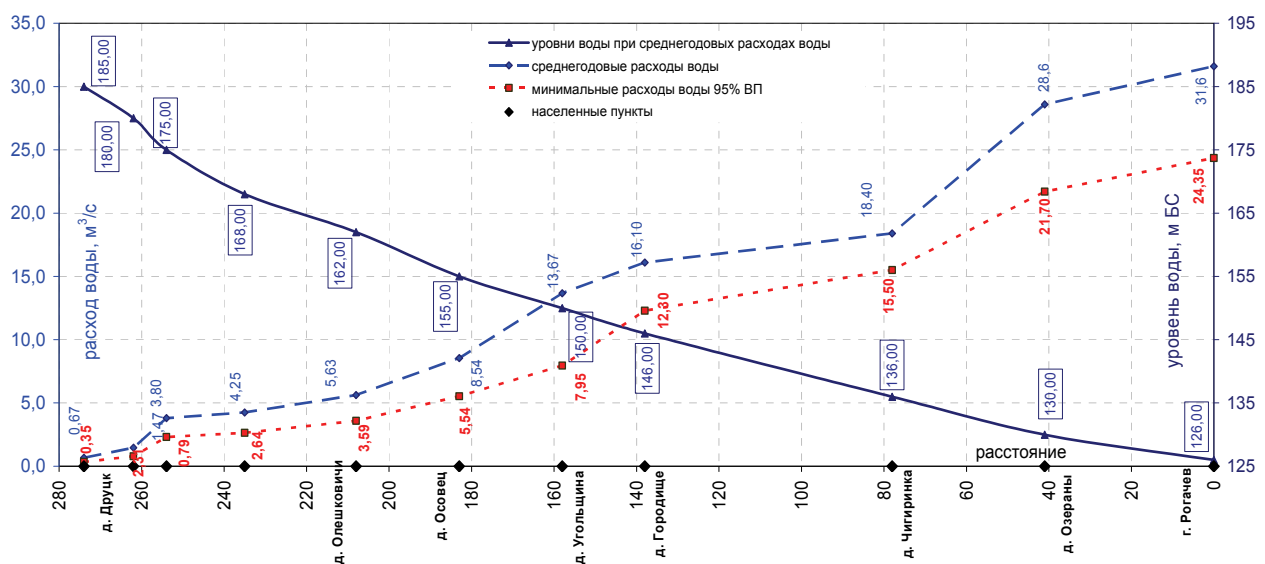


Рисунок 1 – Пример продольного профиля свободной поверхности, среднегодовые и минимальные расходы в реке Друть с учетом перспективных площадок размещения установок по использованию гидроэнергетического потенциала

По определенным оптимальным расчетным напорам, гидрологической и общей морфометрической информации для двух гидрологических условий (при среднемноголетних расходах воды и расходах воды для маловодного года 95% вероятности превышения/обеспеченности) выполняются расчеты гидроэнергетического потенциала – мощности малой ГЭС по водотoku без учета коэффициента полезного действия (КПД) энергетического оборудования – по следующей формуле:

$$N_{вод}^{ГЭС} = 9,81Q_i H_i, \quad (1)$$

где Q_i – среднемноголетний расход воды в реке на расчетном i -м участке и расход воды для маловодного года 95% вероятности превышения (обеспеченности), возможный к использованию на малых ГЭС м³/с; H_i – оптимальный напор на i -м участке.

Среднеинтервальная выработка электроэнергии малых ГЭС, обеспеченная расходом и напором (без учета ограничения установленной мощности малых ГЭС, представляющей собой сумму номинальных (паспортных) мощностей, установленных на станциях гидроагрегатов), вычисляется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{вод}}^{\text{ГЭС}} = N_{\text{вод}}^{\text{ГЭС}} \Delta t, \quad (2)$$

где Δt – расчетный интервал времени, часы (при $\Delta t = 8760$ часов величина $\mathcal{E}_{\text{вод}}^{\text{ГЭС}}$ соответствует выработке электроэнергии в годовом разрезе).

Для предложенных перспективных площадок определяются энергетические характеристики с использованием формул (1), (2) и выполняется построение кадастровых графиков для двух гидрологических условий (указанных выше) с наложением графика нарастания площади водосбора.

По результатам выполненных расчетов суммарный гидроэнергетический потенциал средних и малых рек бассейна Западной Двины при среднемноголетних расходах воды составляет 71,1 МВт, при расходах воды маловодного года 95%-й обеспеченности – 39,2 МВт. Для бассейна Днепра данные показатели составляют соответственно 63,9 МВт и 41,8 МВт.

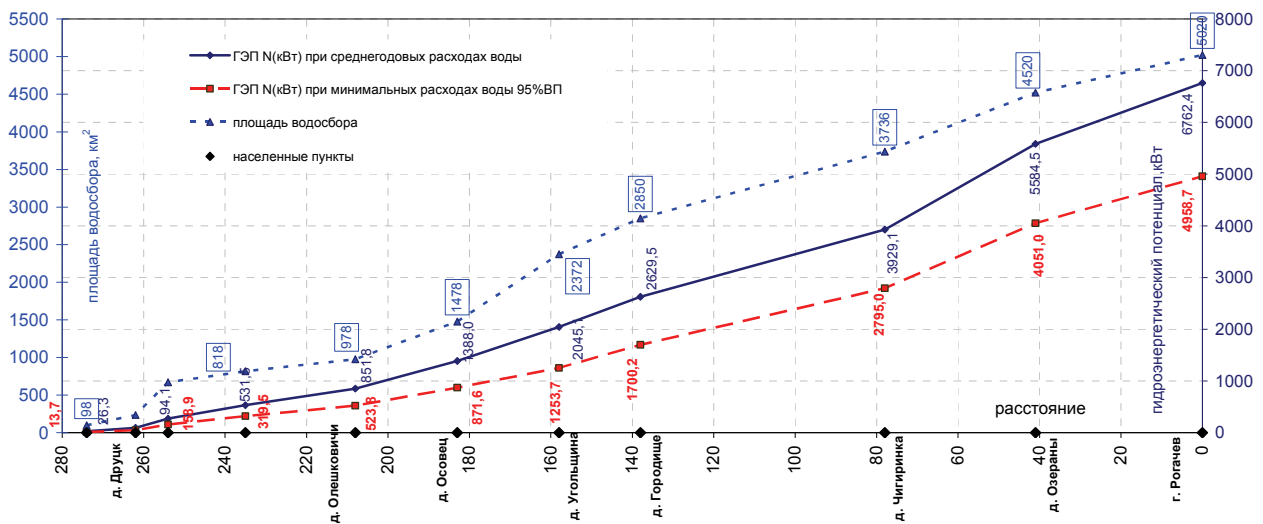


Рисунок 2 – Пример кадастрового графика реки Друть с учетом перспективных площадок размещения установок по использованию гидроэнергетического потенциала

На рисунке 3 и в таблице 1 представлена градация средних и малых рек бассейнов Западной Двины и Днепра по их гидроэнергетическому потенциалу.

Таблица 1 – Градация средних и малых рек по их гидроэнергетическому потенциалу в бассейнах рек Западная Двина и Днепр

Суммарный ГЭП, кВт при среднемноголетних расходах воды	Бассейн р. Западная Двина		Бассейн р. Днепр	
	количество рек	количество рек, %	количество рек	количество рек, %
Менее 500	26	45	74	77,9
500 – 1000	13	22	10	10,5
1000 – 2000	12	21	5	5,3
Более 2000	7	12	6	6,3

Как видно из рисунка 3 и таблицы 1, большая часть средних и малых рек в бассейне р. Днепр имеет довольно низкий гидроэнергетический потенциал (менее 500 кВт). Всего 11 рек имеют суммарный ГЭП свыше 1 МВт, в том числе 6 рек (Свислочь, Друть, Ипуть, Проня, Беседь, Остер) имеют суммарный ГЭП свыше 2 МВт.

Что касается бассейна р. Западная Двина, то лишь менее половины средних и малых всех рек имеют довольно низкий гидроэнергетический потенциал (менее 500 кВт), а 33 реки имеют суммарный ГЭП свыше 1 МВт, в том числе 7 рек (Дрисса, Дисна, Оболь, Улла, Лучеса, Каспля, Ушача) имеют суммарный ГЭП свыше 2 МВт.

По результатам определения гидроэнергетического потенциала составляется каталог перспективных площадок размещения установок по использованию гидроэнергетического потенциала средних и малых рек Беларуси. Состав каталога разработан с учетом структуры базы данных Государственного кадастра возобновляемых источников энергии [3]. Каталог должен содержать расчетную информацию для перспективных площадок размещения установок по использованию гидроэнергетического потенциала средних и малых рек Беларуси. Расчетная информация содержит следующие характеристики в табличном и в графическом виде: кривые нарастания площади водосбора по длине водотоков; зависимости среднегодовых расходов от площадей водосборов; зависимости 95%-й обеспеченности от площадей водосборов; возможные мощности в зависимости от площадей водосборов и водности; выработку электроэнергии в годовом разрезе. Расчетная информация содержит также в табличном виде характеристики расчетных створов рек и водохранилищ, включая их географические координаты, расходы воды заданных вероятностей превышения (обеспеченностей), значения расчетных напоров, площадей водосборов, а также площадей, емкостей и глубин водохранилищ (средней и максимальной).



Рисунок 3 – Суммарный гидроэнергетический потенциал средних и малых рек в бассейнах рек Западной Двины и Днепра

Расчет экономической эффективности перспективных площадок основан на определении срока окупаемости малой ГЭС. Расчет выполняется по используемой для этого в мировой практике стоимости капиталовложений на размещение ГЭС (проектирование, строительство, компенсационные выплаты за воздействие на различные компоненты окружающей среды), которые определяются по удельным капиталовложениям на 1 кВт установленной мощности. При этом используется величина фактической средней удельной стоимости

Капиталовложений на 1 кВт в Беларуси с учетом построенных ГЭС, которая ориентировочно составляет в эквиваленте 6236 долл. США/1 кВт.

Дополнительно к этим затратам добавляются компенсационные выплаты, обусловленные затоплением земель при размещении водохранилищ ГЭС, согласно кадастровой стоимости территорий Республики Беларусь, определенной Национальным кадастровым агентством

К доходам относится годовая выработка электроэнергии ГЭС, с учетом средней стоимости произведенной электроэнергии. Ориентировочный расчетный срок окупаемости ГЭС позволит в будущей практической деятельности обосновывать приоритетные площадки для привлечения инвестиций в размещение ГЭС.

Кроме того, экономическая эффективность оценивается за счет наличия необходимой информации о перспективных площадках, включая их основные морфометрические, гидрологические и гидроэнергетические характеристики, полученной в результате выполнения задания, которые необходимы на стадии проектирования. Данная экономическая эффективность по всем перспективным площадкам может составить суммарно для бассейнов рек Западная Двина и Днепр более 4 млн. рублей, и достигается путем экономии средств на стадии проектирования.

Список использованных источников

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь об утверждении Государственной программы строительства в 2011–2015 годах гидроэлектростанций в Республике Беларусь № 1838 от 17 декабря 2010 г.

2. ТКП 45-3.04-299-2014 (02250). Малые ГЭС. Правила проектирования / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь: Минск 2014, с. 6–9.

3. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь Инструкция о некоторых вопросах ведения государственного кадастра возобновляемых видов энергии от 29.08.2011 № 29.

УДК556.53

А.А. Волчек, проф., д-р геогр. наук, М.А. Таратенкова м-р техн. наук
БрГТУ, г. Брест

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РЕЧНЫХ ВОД БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Введение. Среди природных ресурсов водные ресурсы являются определяющими в развитии экономики всех стран, кроме того, их качество существенно влияет на здоровье населения. В настоящее время происходит активное техногенное загрязнение природных вод, несмотря на увеличение средств выделяемых для сохранения естественных водных экосистем. Как на сегодня, так вероятно и на ближайшую перспективу Беларусь не будет испытывать недостатка в водных ресурсах. Проблема в качестве природных вод, которая с течением времени будет усугубляться. Поэтому оценка качества природных вод является одним из паритетных направлений как в области науки, так и практики.

Целью данной работы является оценка пространственной изменчивости химического состава речных вод Брестской области.

Основная часть. Формирование гидрохимического режима речных вод происходит под действием ряда природных и антропогенных факторов. В настоящее время преобладающее влияние на формирование гидрохимического режима на ряде рек оказывает антропогенное воздействие. Поэтому изучение современного состояния гидрохимического режима воды рек является важным вопросом для природопользования.

Объектом исследования выбраны реки Брестской области размером бассейнов от 1200 до 50900 км² и средними годовыми расходами воды от 2,40 до 48,3 м³/с, перечень которых представлен в таблице 1.

В связи с тем, что гидрохимический режим рек колеблется в течение года, исследовалась внутригодовая динамика гидрохимических характеристик воды рек Брестской области за 2016 год. Таким образом, были охвачены наиболее значимые гидрологические периоды, включая весеннее половодье, летне-осенние паводки, а также летнюю и зимнюю межень. Оценка пространственной изменчивости химического состава воды рек Брестской области осуществлялась по следующим показателям: среднесуточный расход, минерализация, электропроводность, содержание основных катионов и анионов в воде, рН, общее железо, медь, марганец, цинк, взвешенные вещества (таблица 2).

Таблица 1. Перечень исследуемых рек

Река	Створ	Площадь бассейна в целом, км ²
Западный Буг	н.п.Томашовка	9990
	н.п.Речица	
	н.п.Новоселки	
Лесная	д.Голый Борок	2300
	0,5 км выше г.Каменец	
	г.Каменец	
	н.п.Шумаки	
Мухавец	г.Брест	6590
	1,8 км выше г. Кобрин	
	1,7 км ниже г. Кобрин	
	0,8 км выше г.Брест	
	2,0 км ниже г. Жабинка	
Горынь	п.Речица	1200
	п.Речица	
Льва	д.Ольманская Кошара	2400
Пина	11,2 км выше г.Пинск	2255
Припять	1,0 км выше г. Пинск	50900
	3,5 км ниже г. Пинск	
	д.Б.Диковичи	
Цна	в районе автомобильного моста Ганцевичи	1130
	1,0 км выше д.Дятловичи	
	в районе пляжа Ганцевичи	
Ясельда	д.Старомлыны	5590
	д.Мотоль	
	д.Бусса	
	д.Тышковичи	
	мост трассы М10	
	2,0 км выше г. Береза	
	0,5 км ниже г. Береза	
1 км выше д. Сенин		
Лань	мост трасса М10 Лунинец	2190
Случь	мост трасса М10 Лунинец	5260
Рита	0,5 км выше д. Малые Радваничи	1730
Бобрик	12 км ЮЗ д. Лунин	1902
	мост трассы М1	

Таблица 2 – Среднегодовые параметры химического состава вод рек Брестской области за 2016 год [1]

Показатели	Реки							
	Западный Буг	Мухавец	Лесная	Припять	Горынь	Ясельда	Пина	Льва
pH	7,94	7,70	7,48	7,42	7,60	7,14	7,61	6,92
C, мкС/см	602,1	485,6	392,3	414,2	425,2	406,6	434,3	206,9
SO ₄ ²⁻	56,4	43,8	40,5	21,9	21,1	30,9	22,7	13,5
Cl ⁻	42,0	31,5	16,9	19,0	18,0	20,4	21,3	11,1
Ca ²⁺	110,0	89,8	83,4	74,0	68,8	74,4	69,3	25,6
Mg ²⁺	11,5	10,5	9,7	7,6	10,0	4,8	8,2	9,6
HCO ₃ ²⁻	239,3	184,6	164,8	147,9	155,7	164,7	145,3	68,6
NO ₃ ⁻ , мгN/дм ³	1,46	1,39	0,92	0,55	0,74	0,68	0,62	0,61
NO ₂ , мгN/дм ³	0,055	0,026	0,013	0,007	0,004	0,020	0,009	0,015
NH ₄ ⁺ , мгN/дм ³	0,42	0,22	0,11	0,31	0,32	0,38	0,33	0,35
PO ₄ ³⁻ , мгP/дм ³	0,149	0,083	0,145	0,053	0,135	0,118	0,057	0,051
Общее железо, мг/дм ³	0,527	0,550	0,746	0,484	0,609	0,716	0,655	-
Марганец, мг/дм ³	0,043	0,055	0,042	0,049	0,065	0,072	0,070	0,105
Цинк, мг/дм ³	0,020	0,020	0,023	0,011	0,010	0,017	0,012	0,012
Медь, мг/дм ³	0,0033	0,0028	0,0030	0,0046	0,0031	0,0037	0,0033	0,0028
Свинец, мг/дм ³	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Кадмий, мг/дм ³	0,0004	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Никель, мг/дм ³	0,0038	0,0044	0,0044	0,005	0,0050	0,0044	0,0050	0,0051
Хромобций,	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	-

Отличительной особенностью рассматриваемого региона является повышенное содержание общего железа, что присуще всему Полесью. Стабильное распределение железа общего наблюдается на юго-востоке и востоке Брестской области на реках Припять и Горынь, однако при этом имеет место превышения фоновых концентраций (для данных рек фоновая концентрация общего железа составляет 0,515 мг/дм³): для р. Припять – этот период приходится с марта по август; для р. Горынь превышение наблюдалось на протяжении всего года, за исключением декабря. Неравномерное распределение общего железа наблюдается в центральной и западной частях области на рр. Ясельда и Лесная. Здесь отмечаются пиковые значения в август и май, сентябрь, ноябрь соответственно. Одной из причин такой ситуации на р. Ясельда является недостаточно очищенные сточные воды от населенных пунктов, расположенных в бассейне реки.

Более сложная ситуация прослеживается в распределении таких показателей как марганец и цинк. При рассмотрении сезонной изменчивости марганца, на всей территории области, за исключением юго-восточной части, наблюдается пиковое значение, приходящееся на январь. На р. Лесной еще одно пиковое значение произошло в мае. На р. Горынь пиковые значения марганца фиксировались в феврале и сентябре. На территории западной части области, пиковые значения цинка приходятся на май (рр. Мухавец, Западный Буг и Лесная), а на р. Лесная еще и на декабрь. В юго-восточной части значения данного показателя находится в диапазоне 0,005 – 0,015 мг/дм³, что не превышало фоновую концентрацию данного элемента на рассматриваемой территории.

Сезонное изменение меди на всей территории кроме центральной и восточной частей имеет более равномерное распределение внутри года и диапазон варьирования составляет 0,001 – 0,006 мг/дм³. На р. Ясельда пиковое значение приходилось на май, превышая среднегодовой показатель в 4,5 раза.

Внутригодовое распределение взвешенных веществ по всей территории кроме западной и центральной части (на рр. Западный Буг и Ясельда) носит стабильный характер, диапазон варьирования составляет 5 – 10 мг/дм³. Река Западный Буг отличается большим диапазоном изменения данного показателя от 8 до 39 мг/дм³. Пиковые показатели приходятся на конец весны/начало лета. Это вызвано, скорее всего, снижением расхода в реке. Нестабильно происходит распределение и на р. Ясельда. Здесь пиковое значение приходится на июль.

Сезонное распределение электропроводности (рис. 1) носит достаточно стабильный характер по всей территории области. Как уже было сказано выше, причиной тому является стабильность типа минерализации в течение года.

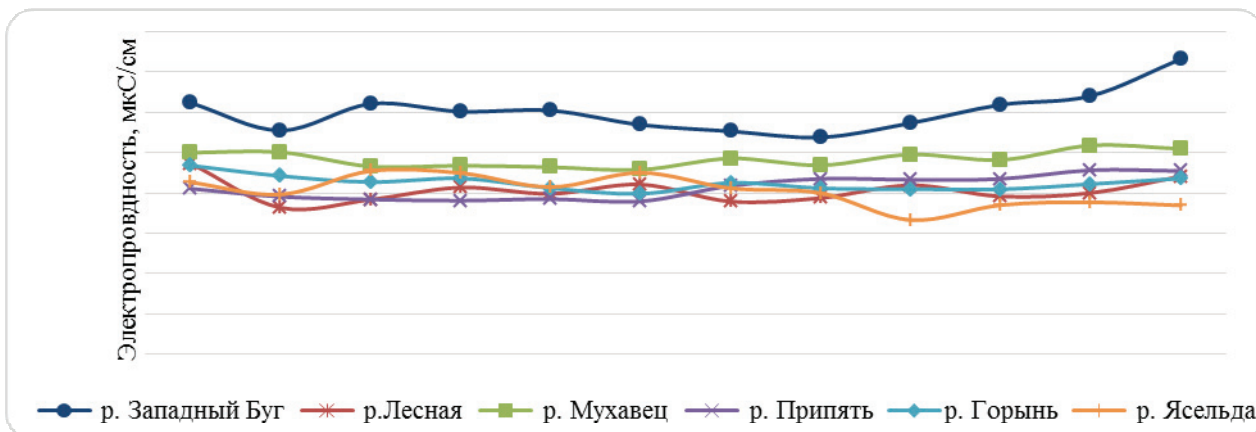


Рисунок 1 – Внутригодовое распределение электропроводности

При анализе основных параметров гидрохимического режима, выявлена зависимость минерализации от расхода воды, которая является нелинейной (рис. 2). Минимальная минерализация речных вод наблюдается с апреля по июнь.

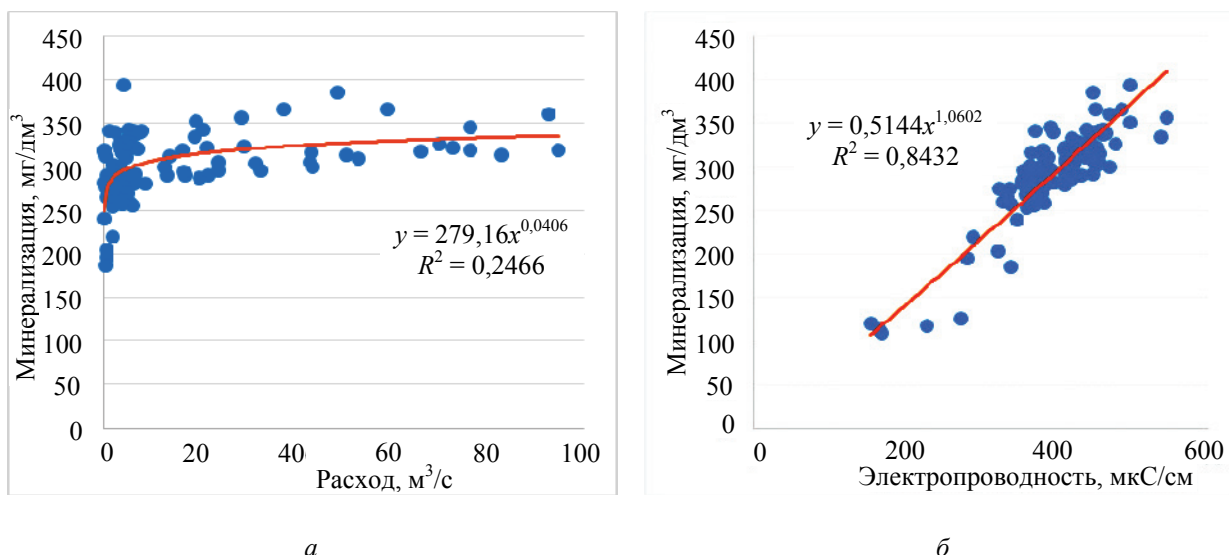


Рисунок 2 – Зависимость минерализации речных вод от расхода воды (а) и связь минерализации и электропроводности Белорусского Полесья (б)

Речные воды рассматриваемого региона имеют рН 6,5 – 8,4. Тип минерализации не меняется в течении года, распределение основных катионов и анионов относительно электропроводности характеризуется большим разбросом, однако, если рассматривать реки региона в целом, то прослеживаются устойчивые зависимости (рис. 3).

Таким образом, очевидно, что характер сезонной изменчивости различных показателей качества речных вод региона разнообразен, что свидетельствует о сложной комбинации факторов, влияющих на состав этих вод.

Первым фактором, значимо влияющий на гидрохимический режим является гидрологический режим территории. Влияние гидрологического цикла на сезонные изменения содержания микроэлементов в реках зависит от соотношения их концентрации в атмосферных осадках и грунтовых водах. Во время весеннего половодья и дождевых паводков на реках происходит смыв с поверхности водосбора минеральных и органических веществ, накопившиеся в снежном покрове и верхних слоях почвы [3].

Помимо гидрологического режима еще одним важным фактором изменения качества речных вод является антропогенная нагрузка. Увеличение содержания органических веществ в природных водах приводит к комплексообразованию их с металлами, что с одной стороны приводит к инактивации металлов, но в тоже время усложняет процесс водоподготовки [2].

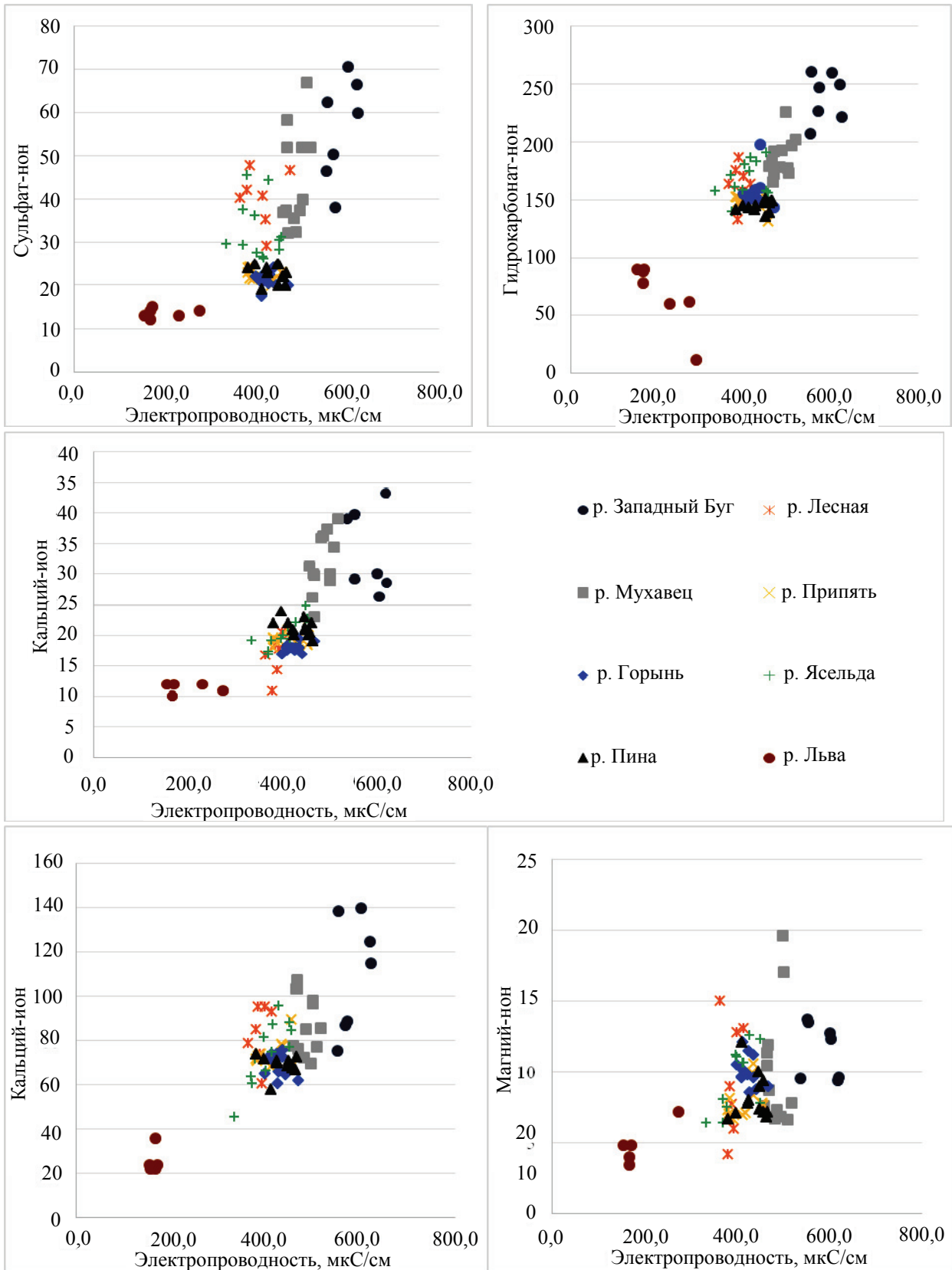


Рисунок 3 – Зависимость концентрации макроионов солевого состава, мг/дм³, от электропроводности речных вод, мкС/см.

Выводы. Особенность сезонной трансформации гидрохимического состава рек Брестской области формируется под воздействием ряда факторов, основными из которых являются гидрологический режим и антропогенное воздействие. В изменении минерализации и ионного состава речных вод прослеживается тенденция уменьшения в половодье и увеличения в межень. Так же наблюдается увеличение минерализации в реках, на которых расположены промышленные центры.

Характер распределения общего железа, цинк, марганец, медь, взвешенные вещества достаточно нестабильны. Поверхностные воды Брестской области характеризуются повышенным фоновым содержанием железа общего, что обусловлено природными факторами. Кроме того, увеличение антропогенной нагрузки приводит к превышению фоновых среднемесячных концентраций до 3 раз. Практически во всем рассматриваемых реках наблюдается превышение фоновых концентраций по марганцу и характер внутригодового распределения также нестабильны. Повышенное содержание цинка наблюдается на рр. Ясельда, Мухавец, Западный Буг и Лесная. По содержанию меди наиболее сложная ситуация на рр. Ясельда и Припять.

Список использованных источников

1. Государственный водный кадастр: Водные ресурсы, их использование и качество воды (за 2016 гг.). – Минск, ЦНИИКИВР, 2017. – 172 с.
2. Моисеенко, Т.И., Дину, М.И., Гашкина, Н.А., Кремлева, Т.А. 2013. Формы нахождения металлов в природных водах в зависимости от их химического состава. Водные ресурсы, том 40 №4: 375-385.
3. Шулькин, В.М., Богданова, Н.Н., Перепелятников Л.В., 2009. Пространственно-временная изменчивость химического состава речных вод юга Дальнего Востока РФ. Водные ресурсы, том 36 №4: 428-439.

УДК 551. 583

С.А. Лысенко, В.Ф. Логинов

Государственное научное учреждение «Институт природопользования НАН Беларуси», г. Минск

ОСОБЕННОСТИ ГЛОБАЛЬНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА: ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ

Рассмотрены внешние и внутренние факторы глобальных и региональных изменений климата за период инструментальных наблюдений. С использованием модели переноса излучения в системе «атмосфера – подстилающая поверхность», данных дистанционного зондирования Земли и реанализа определены естественные и антропогенные механизмы замедления скорости роста температуры Земного шара. Оценено влияние изменчивости и изменений современного климата на биопродуктивность экосистем Беларуси.

Особенности и возможные причины современных изменений температуры воздуха над континентами Северного полушария. На протяжении последнего столетия характер изменения глобальной и региональной температуры в различные сезоны года существенно различался. Если в период предыдущего потепления климата, известного из литературы, как «период потепления Арктики», рост температуры наблюдался особенно ярко в теплое время года, то начиная с конца 60-ых и до конца 90-ых годов прошлого столетия, наибольший рост температуры отмечался зимой.

Потепление зимнего типа хорошо укладывается в современные представления об изменениях климата, согласно которым зимой эффекты глобального потепления должны усиливаться за счет сокращения снежного покрова подстилающей поверхности и уменьшения ее альбедо. Однако в последние 15–20 лет происходит быстрый рост летних температур, а

зимняя температура растет сравнительно слабо, т. е. снова формируется потепление летнего типа. В период 1998–2014 гг. зимняя температура воздуха над континентами Северного полушария даже понижалась со средней скоростью -0.038 К/год, а снежный покров увеличивался со скоростью 1.4×10^5 км²/год (рис. 1).

Для понимания причин изменений зимней температуры воздуха над сушей Северного полушария рассмотрим особенности формирования радиационного баланса для региона Сибири, в котором с 1998 по 2014 гг. наблюдалось наибольшее понижение температуры приземного воздуха в зимние месяцы ($43\text{--}63^\circ$ с.ш., $47\text{--}110^\circ$ в.д.).

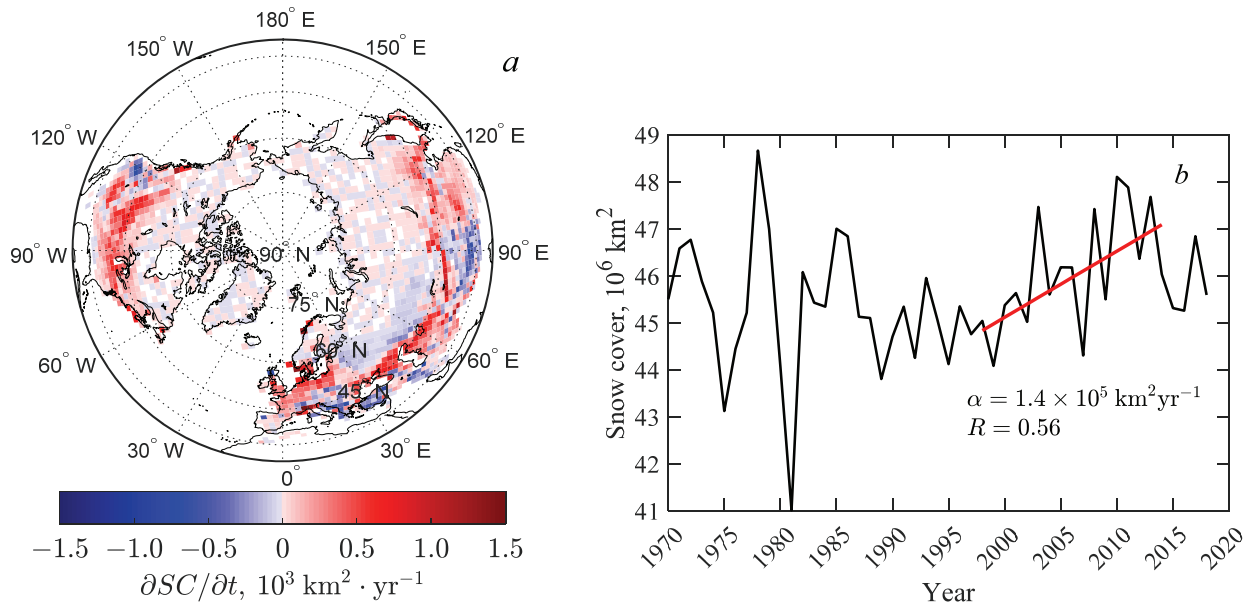


Рисунок 1 – Карта тренда снежного покрова материков Северного полушария (а) и временная динамика их суммарного снежного покрытия (б) с декабря по январь в период 1998–2014 гг.

Радиационный баланс на верхней границе атмосферы представлен как данными измерений спутниковой системой CERES (Clouds and the Earth's Radiant Energy System), так и результатами его численного моделирования на рис. 2. Коэффициент корреляции между смоделированным радиационным балансом на верхней границе атмосферы и зимней температурой воздуха составляет 0.85, что практически не отличается от коэффициента корреляции этой температуры с реально измеряемым радиационным балансом (0.86). При этом расчеты по переносу излучения в атмосфере показывают, что общим содержанием водяного пара в атмосфере (TCWV, Total Column Water Vapor) объясняется около 85 % дисперсии радиационного баланса.

Если сопоставить скорости изменения зимней температуры приземного воздуха за периоды 1968–1998 гг. и 1998–2013 гг. на всей территории Земного шара, то можно обнаружить, что с 1998 г. произошла смена тенденций изменений температуры во многих крупных регионах Северного полушария Земли (быстрый рост зимней температуры сменился ее столь же быстрым понижением). Коэффициент пространственной корреляции между скоростями изменений зимней температуры в Северном полушарии для указанных двух периодов составляет -0.62 , что говорит о неслучайном характере этих изменений. Можно предположить, что такая инверсия тенденции изменения зимней температуры воздуха на территории Северного полушария является следствием смены фазы некоторого глобального процесса в климатической системе. В связи с этим рассмотрим связь TCWV с одним из наиболее энергоемких циклических процессов в климате Земли – Эль-Ниньо – Южной осцилляцией (ENSO).

Корреляции между среднемесячными индексами Южной осцилляции Niño 3.4 и TCWV рассчитывались при их сдвиге во времени от 0 до 24 месяцев. Расчеты показали, что для су-

ши средних и высоких широт Северного полушария (30–75°с.ш.) наиболее тесные корреляции между Niño 3.4 и TCWV проявляются в зимние месяцы с отставанием от фазы Niño 3.4 не более месяца. Зимние значения TCWV для суши широтного пояса 30–75°с.ш., полученные на основе реанализа ERA-Interim, сопоставлены с индексом Niño 3.4 на рис. 3а. Видно, что изменения TCWV происходят в фазе с Niño 3.4. Коэффициент корреляции между ними $R = 0.61$, т. е. изменения индекса Niño 3.4 объясняют около 40 % дисперсии TCWV.

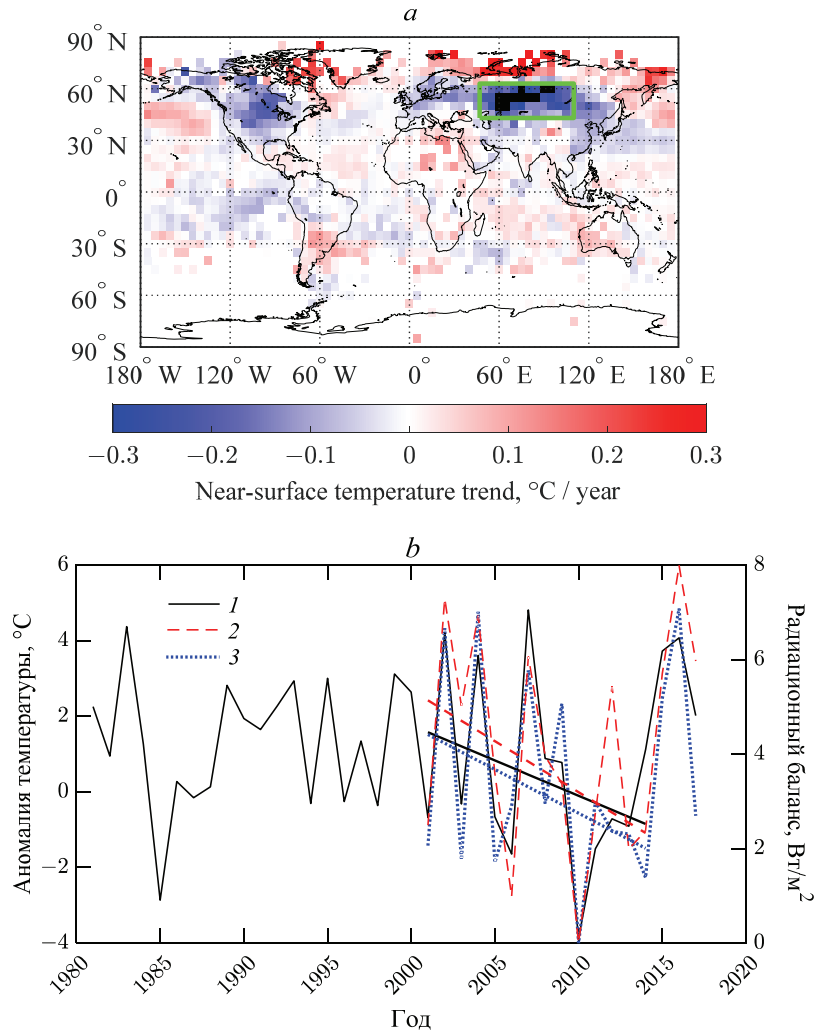


Рисунок 2 – Карта тренда температуры приземного воздуха в период 1998–2014 гг. (а) и сопоставление средних за январь и февраль значений температуры приземного воздуха в регионе, выделенном на верхнем рисунке прямоугольником, с радиационным балансом на верхней границе атмосферы, измеренным спутниковой системой CERES и рассчитанным по модели переноса излучения в атмосфере (б)

Если сопоставить данные реанализа NCEP, охватывающего более длинный временной ряд, чем реанализ ERA-Interim, с индексом многолетней тихоокеанской осцилляции IPO, характеризующим асимметрию температурной аномалии в экваториальной и внетропических частях Тихого океана (рис. 3б), то можно заметить, что для суши широтного пояса 30–75° с.ш. периоды понижения TCWV (1948–1968, 1998–2013 гг.) примерно совпадают с отрицательными фазами IPO. Понижение TCWV в указанные периоды, очевидно, приводило к ослаблению парникового эффекта водяного пара и к замедлению роста зимней температуры воздуха над континентами. С 1968 по 1998 г. содержание водяного пара в атмосфере над сушей средних и высоких широт медленно повышалось на фоне положительной фазы IPO, что наряду с увеличением концентрации CO₂ и других антропогенных парниковых газов обуславливало рост приземной температуры воздуха.

Естественные процессы, способствовавшие замедлению темпов роста температуры земного шара с 1998 по 2014 гг., исследованы в нашей работе [2]. На основе данных дистанционного зондирования Земли и реанализа показана тесная связь глобального и регионального содержания водяного пара в атмосфере со скоростью приземного ветра и аномалиями температуры поверхностного слоя воды в тропической зоне Тихого океана (рис. 4). Усиление ветра в тропической зоне Тихого океана наблюдается с 1980 года (коэффициент линейного тренда $0.017 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}/\text{год}$).

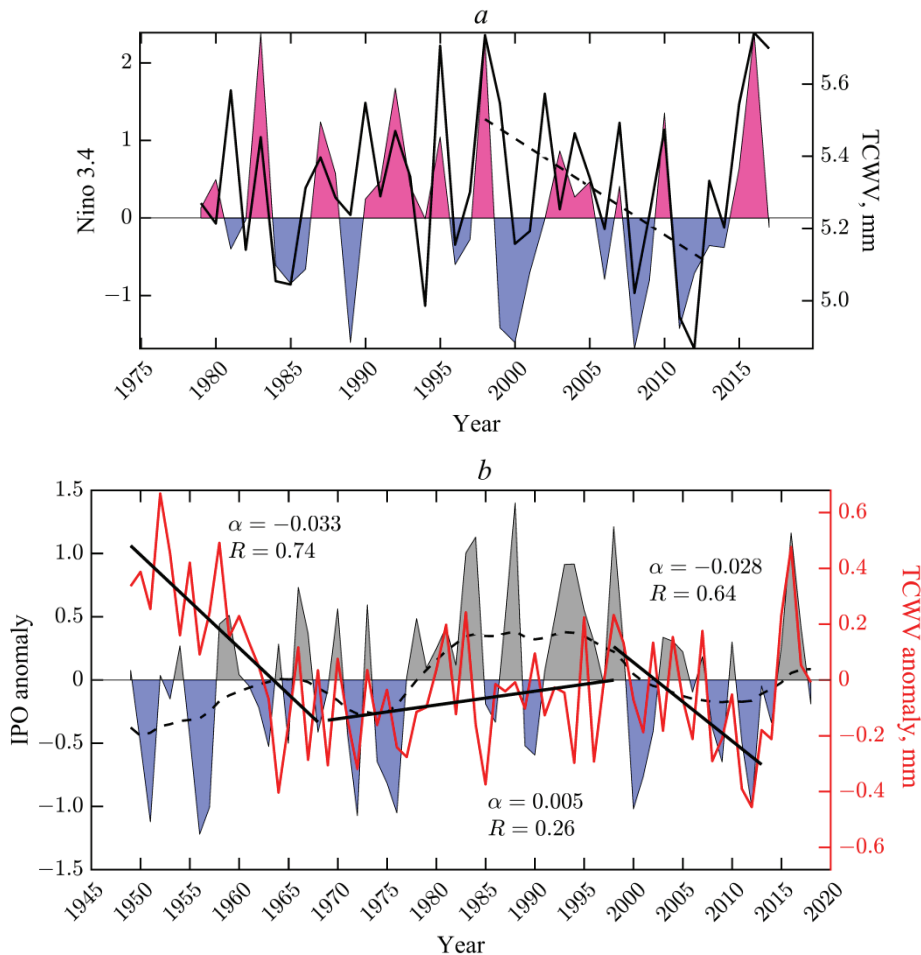


Рисунок 3 – Сопоставление средних значений TCWV из реанализов ERA-Interim (a) и NCEP (b) с индексами Южной осцилляции – Niño 3.4 (a) и IPO (b)

Наибольшее усиление ветра пришлось на период 1992–2013 гг. ($0.025 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}/\text{год}$). В эти годы температура поверхностного слоя воды в центрально– и восточно-экваториальной зоне Тихого океана понижалась со скоростью $0.024 \text{ К}/\text{год}$, а глубинные воды на западе Тихого океана (к северу от экватора) накапливали тепло. Указанные тенденции способствовали уменьшению испарения с поверхности Тихого океана, которое с задержкой около года сказывается на глобальном содержании водяного пара в атмосфере (коэффициент корреляции 0.88). В результате среднее по планете содержание водяного пара в столбе атмосферы понижалось до 2014 г. со средней скоростью $0.12 \text{ мм}/\text{год}$. Расчеты модели переноса излучения в атмосфере показывают, что уменьшение интегрального содержания водяного пара в атмосфере с 2001 по 2014 годы снизило приходную часть радиационного баланса подстилающей поверхности примерно на $0.93 \text{ Вт}/\text{м}^2$, что в 11 раз превышает усиление парникового эффекта CO_2 за этот период. Такие тенденции изменений содержаний парниковых газов в атмосфере обуславливали понижение зимней температуры воздуха в Северном полушарии.

В тоже время, на фоне циклической смены фаз IPO не наблюдается смена тенденций изменений летней температуры воздуха. Причиной этому может быть положительная обрат-

ная связь между температурой воздуха и содержанием водяного пара в атмосфере, наиболее отчетливо проявляющаяся при высоких температурах. Известно, что потепление тропосферы происходит при практически неизменной относительной влажности [3]. Поддержание одного и того же уровня относительной влажности при увеличении температуры воздуха и соответствующего ей давления насыщенного водяного пара возможно только за счет увеличения концентрации водяного пара в атмосфере. Поскольку температурная зависимость давления насыщенного водяного пара усиливается с ростом температуры, то летом рост влагоемкости воздуха происходит быстрее, чем зимой, соответственно большим будет и усиление водяным паром парникового эффекта.

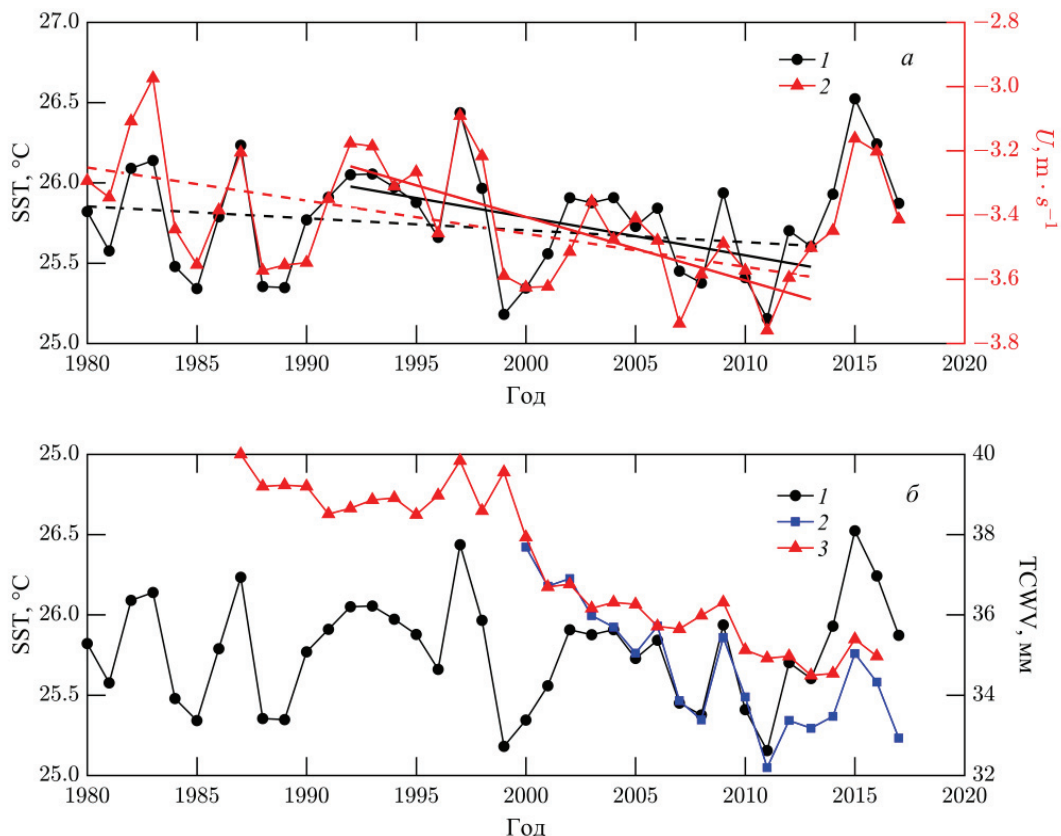


Рисунок 4 – Межгодовая изменчивость температуры поверхности океана SST, зональной компоненты скорости приповерхностного ветра (U) и TCWV;
a: 1 – SST, 2 – U , прямые линии – тренды за 1992–2013 гг., пунктир – тренды за 1980–2013 гг.;;
б: 1 – SST, 2 – TCWV в летние месяцы над тропической зоной Тихого океана с отрицательным трендом SST, 3 – среднглобальные значения TCWV, умноженные на коэффициент 1.6 и сдвинутые на один год назад для их сопоставления с TCWV над тропиками

Другим фактором, обуславливающим различие скоростей изменения зимней и летней температур воздуха, может быть аэрозольное загрязнение атмосферы. Природоохранные мероприятия, проводимые в последние десятилетия во многих развитых странах, наряду с повышением экологического уровня промышленности и автотранспорта способствуют снижению аэрозольной эмиссии. Это, в свою очередь, способствует увеличению количества поступающего на Землю солнечного излучения и дневному прогреванию подстилающей поверхности. На территории Европы, где, как минимум с 2000 г. происходит очищение атмосферы от аэрозолей (о чем свидетельствуют данные спутникового спектрометра MODIS), скорость роста температуры приземного воздуха летом в дневное время действительно опережает скорость роста ночной температуры – 0.041 К/год против 0.035 К/год, что говорит о важной роли солнечной радиации в летнем потеплении.

Некоторые аэрозоли с высокой светопоглощающей способностью, способны увеличивать теплосодержание атмосферы и охлаждать подстилающую поверхность, вследствие че-

го замедляется атмосферная конвекция и затрудняется формирование облаков. Если судить по данным спутникового прибора MODIS, определяющего параметры облаков с 2000 г., то оптическая толщина облаков – их важнейший радиационный параметр – в средних и высоких широтах Северного полушария устойчиво уменьшается, а значит, на Землю поступает больше солнечной радиации. Это согласуется с данными реанализа ERA-Interim, демонстрирующими положительный линейный тренд потока нисходящего солнечного излучения на нижней границе атмосферы, причем отклонения потока солнечного излучения от этого тренда для суши широтного пояса 30–75°с.ш. отрицательно коррелируют с производением оптической толщины облаков и степени покрытия ими атмосферы (рис. 5).

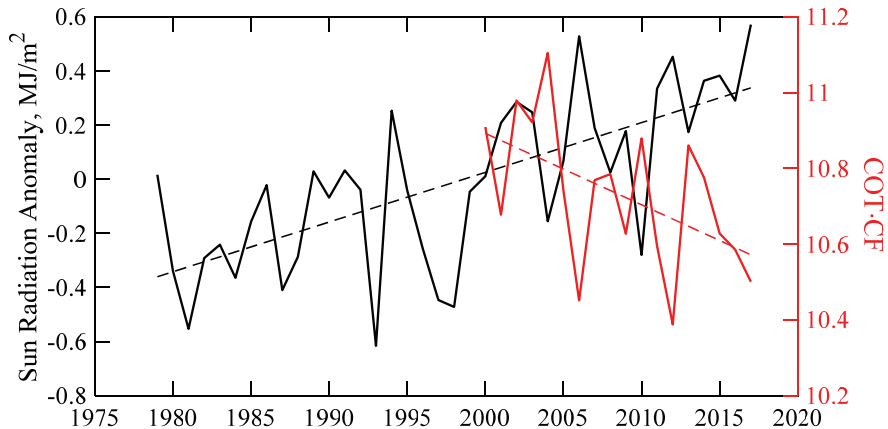


Рисунок 5 – Поток солнечной радиации на нижней границе атмосферы и оптический «объем» облаков (произведение оптической толщины облаков и степени покрытия им атмосферы) над сушей широтного пояса 30-75°с.ш.

Климатообусловленные изменения растительных экосистем Беларуси. Анализ спутниковых измерений вегетационного индекса подстилающей поверхности NDVI, показывает, что NDVI на 84 % площади Беларуси с начала текущего столетия возрастает, причем на 37 % площадей рост NDVI является статистически значимым. По расчетам современных компьютерных моделей глобальной динамики экосистем увеличение листового покрытия планеты за период 1982 – 2009 гг. на 70.1 ± 29.4 % объясняется эффектом увеличения концентрации CO_2 в атмосфере. Эксперименты с растениями в теплицах и замкнутых камерах показывают, что при увеличении содержания в воздухе CO_2 интенсивность фотосинтеза растет до значений концентрации CO_2 около 800–1000 ppm. Однако из-за нехватки элементов минерального питания и дефицита влаги насыщение растительности углеродом может происходить и при более низких концентрациях CO_2 , что ограничивает возможности растительности по противодействию росту концентрации CO_2 .

Неблагоприятные метеорологические явления, такие как заморозки и засухи, частота которых возрастает с глобальным потеплением, также оказывают негативное влияние на рост растений и урожайность сельскохозяйственных культур. С 1982 по 2012 годы число дней с заморозками в Северном полушарии выше 30°с.ш. возросло примерно на 43 %. На территории Европы это увеличение составило около 82 %.

Еще более существенные ограничения на фотосинтез накладывает дефицит влаги. В настоящее время этот фактор ограничивает рост деревьев на большей части суши, а площадь северных регионов, в которых рост деревьев ограничивается низкими температурами, стремительно сокращается. Расчеты глобальных климатических моделей последнего поколения (CMIP5), несмотря на большую неопределенность их климатических проекций, прогнозируют статистически значимое усиление засушливости климата в глобальном масштабе при всех сценариях развития парникового эффекта к концу текущего столетия.

Анализ корреляций между аномалиями NDVI, солнечной радиации, температуры воздуха и количества осадков, усредненными за наиболее активную часть вегетационного периода (май–август), показывает, что на территории Беларуси главным фактором изменчи-

ности NDVI является количество осадков (рис. 5). Наиболее тесная корреляция NDVI и осадков характерна для территорий, отведенных под сельскохозяйственные угодья.

Для исследования влияния изменений климата Беларуси на продуктивность ее растительных экосистем нами построены уравнения множественной регрессии между NDVI и метеорологическими параметрами для всей территории Беларуси с пространственным разрешением 500 м.

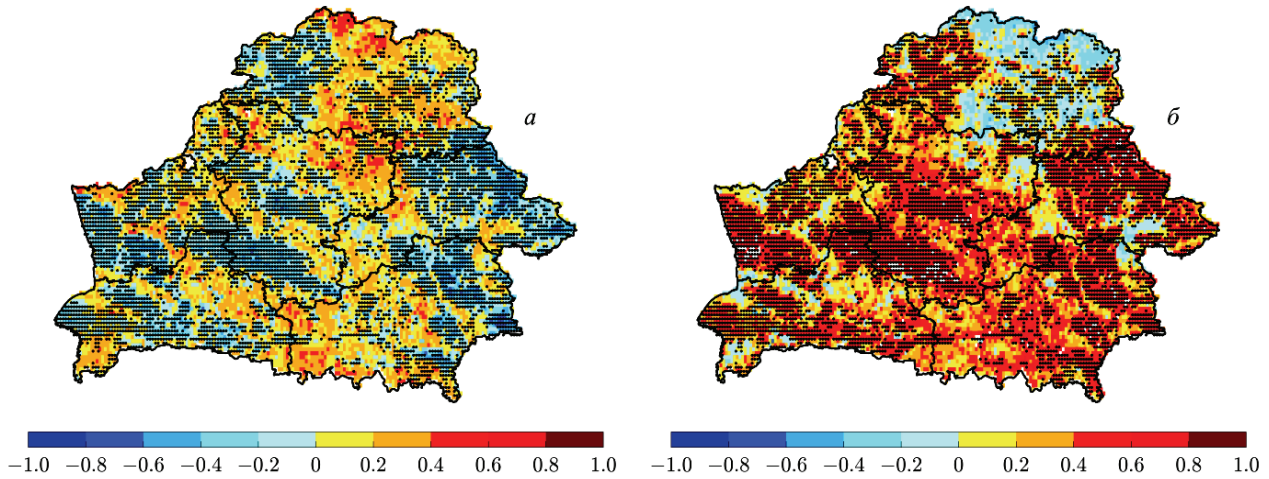


Рисунок 6 – Карты коэффициентов корреляции между отклонениями от линейных трендов NDVI и метеорологических параметров: средней температуры воздуха (а) и количества осадков (б) с мая по август; точками обозначены сельскохозяйственные угодья

Карты NDVI скомпилированы из 16-дневных композиционных изображений MODIS. Карты метеорологических параметров получены на основе интерполяции методом кригинга данных метеорологических станций Республики Беларусь и ближайших 20 станций соседних государств. На основе полученных уравнений рассчитаны климатообусловленные составляющие трендов NDVI. Полученные результаты представлены на рис. 6. Видно, что практически во всех сельскохозяйственных районах Беларуси изменения климата приводят к снижению фотосинтетически активной биомассы, пропорциональной индексу NDVI. Это связано с быстрым ростом температуры воздуха в вегетационный период при практически неизменном количестве осадков, что способствует усилению засушливости климата. Особое опасение вызывает тот факт, что отрицательное влияние изменений климата на биопродуктивность сельхозкультур Беларуси со временем усиливается: если до 2000 г. негативное влияние изменений климата в основном проявлялось в западной части Беларуси, то с 2000 г. этому влиянию стал подвержен и восток Беларуси.

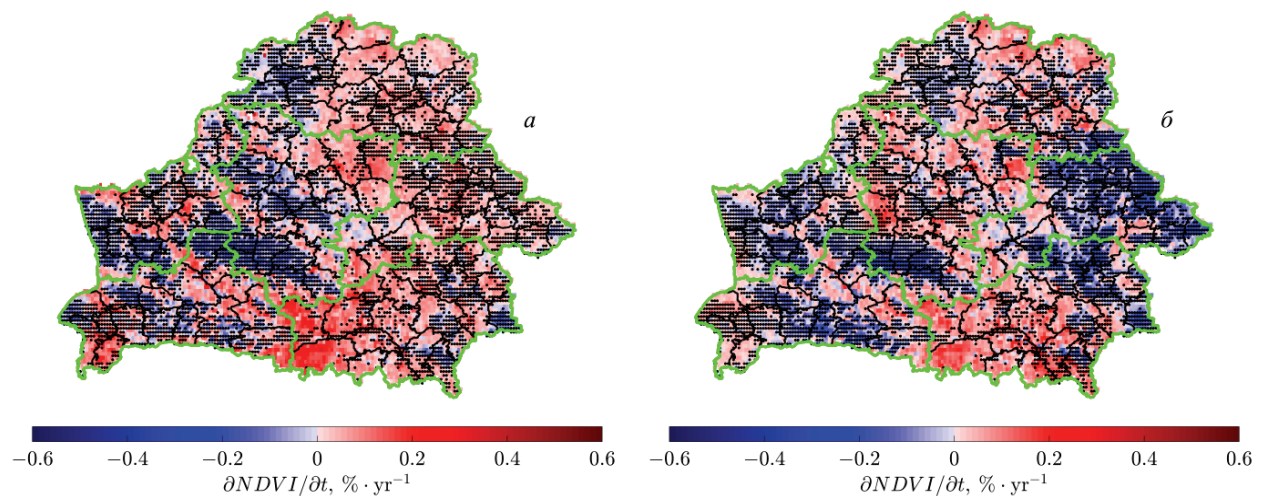


Рисунок 7 – Климатообусловленные составляющие тренда NDVI за периоды 1975–2000 гг. (а) и 2000–2018 гг. (б); точками обозначены сельскохозяйственные угодья

В тоже время лесные массивы Беларуси в целом положительно реагируют на изменения климата, что, вероятно, связано с их лучшей способностью удерживать влагу по сравнению с растительностью пашни. Кроме того высокие кроны деревьев отбрасывают тень и эффективно охлаждают почву в дневное время. Нельзя также исключать из рассмотрения и способности некультивируемых видов растительности адаптироваться к изменениям климата. У многих растений открытие устьиц (микроотверстий в листьях, через которые происходит испарение и газообмен с окружающей средой) зависит в первую очередь от содержания CO_2 в воздухе. Повышенный уровень CO_2 в воздухе ослабляет транспирацию и уменьшает потерю влаги почвой.

Список использованных источников

1. Robinson, David A., Estilow, Thomas W.; and NOAA. CDR Program (2012): NOAA Climate Data Record (CDR) of Northern Hemisphere (NH) Snow Cover Extent (SCE), Version 1. NOAA National Centers for Environmental Information.
2. Логинов В.Ф., Лысенко С.А. Оценка роли Тихого океана в изменениях современного климата // Известия РАН. Серия географическая. 2019. № 3 (в печати).
3. Deser C., Guo R., Lehner F. Trajectories toward the 1.5°C Paris target: Modulation by the Interdecadal Pacific Oscillation // Geophys. Res. Lett. 2017. V. 44. № 9. P. 4256–4262.
4. Santer B.D., Santer B.D., Po-Chedley S., Zelinka M.D. et al. Human influence on the seasonal cycle of tropospheric temperature // Science. 2018. V. 361, No. 6399.

УДК 504.064.2(476)

Л.С. Лис, доц., канд. техн. наук

ГНУ Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕРРИТОРИИ И ОЦЕНКА УРОВНЕЙ ЗАБОЛЕВАНИЯ ПРОЖИВАЮЩЕГО НАСЕЛЕНИЯ

В настоящее время в среде мирового сообщества происходит переоценка приоритетов в путях дальнейшего устойчивого развития человеческого общества. На передний план в большинстве государств выдвигаются экологические проблемы, приобретающие все более масштабный характер на всем пространстве Земли. Перечень этих проблем постоянно расширяется, выдвигая в различных направлениях все новые аспекты и требования их незамедлительного решения. Обеспечение для человеческого общества благоприятного состояния окружающей среды становится стержнеопределяющей политикой всех государств и народов.

Задачи по обеспечению благоприятной окружающей среды в различных регионах Земли имеют свои особенности и различия. Мировым сообществом предпринимаются огромные усилия по решению экологических проблем, однако в целом они достаточно далеки от окончательных побед. Необходимо признать, что отрицательные глобальные изменения в окружающей среде продолжаются, их динамика нарастает в результате экономического роста многих стран континента. Именно такие тенденции в ухудшении состояния окружающей среды связываются также и с прогрессирующим нарастанием численности населения в мире, как следствие, его возрастающим воздействием на элементы окружающей среды. И в этой же связи на повестку дня возникает проблема связи и взаимодействия состояния ОС, и здоровья населения. Именно общество приходит к выводу, что показатели здоровья населения следует отнести к характеристикам состояния ОС [1].

Задавшись такой задачей, в первую очередь следует обосновать перечень показателей, отнесенных к комплексной характеристике состояния ОС, ровно как и обозначить перечень индексов здоровья населения, которое проживает и трудится в определенном регионе. При этом, чтобы выявить и характеризовать установление взаимосвязей отмеченных категорий, необходимо в исследованиях оперировать численными показателями их характеристик.

На основании основательной проработки обширного круга литературных источников, критического анализа и оценки предложенных методических подходов и приемов [1–5] нами предложен вариант количественной оценки экологического состояния природно-территориальных комплексов локального ранга. Он основан на системном представлении структуры территориальной единицы в виде двухзвенной системы взаимосвязанных и взаимообусловленных составляющих. С одной стороны это каркас природно экологического потенциала, отражающий наличие и состояние природных компонентов и процессов позитивного (средоформирующего) характера. С другой стороны это комплекс хозяйственной освоенности, характеризующий следствие воздействия человеческого общества на все природные комплексы и компоненты окружающей среды. Кроме того, предложенная система оценки включает количественные показатели структурной организации рассматриваемой территориальной единицы, которые в определенной мере отражают условия взаимного влияния выделенных объектов структуры и предпосылки к разнообразным негативным процессам дестабилизирующие экологическую обстановку территории [6].

Обоснование информационного содержания первого комплексного показателя экологического состояния – природно-экологического потенциала основана на анализе имеющихся литературных данных о закономерностях функционирования и временных трансформирующихся природных комплексов, в определенных случаях использованы также определенные логические представления. В общем плане индекс природно – экологического потенциала – $I_{ПЭП}$ строится на соотношении отдельных оценок 4 структурных блоков: малоизмененные ландшафты, гидроклиматический потенциал, показатели структуры ландшафтов и характеристики почвенного покрова.

Вторым комплексным параметром двухзвенной системы оценки экологического состояния территориальной единицы является показатель хозяйственной освоенности. Этот показатель по своим последствиям многопланов, многоаспектен и имеет прогрессирующий характер. Для оценки степени воздействия нами выбрана методология по дифференциации источников воздействия со специализацией по видам хозяйственной деятельности: промышленная сельскохозяйственная, транспортная и демографическая, что позволяет обоснованно описать как источники воздействия, так и пространственные зоны их распространения.

В этом случае в комплексный показатель – индекс хозяйственной освоенности включается суммирование площадей зон загрязнений от рассматриваемых видов нагрузок с учетом степени их интенсивности.

Таким образом, в качестве комплексных характеристик экологического состояния в наших исследованиях мы выбираем два основополагающие комплексные показателя: $I_{ПЭП}$ и $I_{хо}$. Используемые другие показатели в оценке (показатель раздробленности зон и ареалов, индекс самовосстановления – самоочищения, мера сопряженности) мы относим к вспомогательным, но достаточно важным в характеристиках экологического состояния территориальных единиц.

Предложенные показатели, оцениваемые в числах, охватывают не все стороны достаточно сложного процесса функционирования и развития природно-территориального комплекса, протекающих в нем природных и антропогенных процессов. Однако представленная система оценок все же позволяет решить ряд практических задач природопользования. Кроме того, каждая оценка этой системы может быть использована как самостоятельная. Так, например, значение индекса природно-экологического потенциала ($I_{ПЭП}$) может выступать как ограничительный фактор для конкретной территории при решении вопросов о лесных территориях и землях особо охраняемых объектов. Значение предложенных структурных показателей – коэффициента раздробленности и меры экологической сопряженности – могут учитываться в территориальных планах размещения объектов различной направленности.

Из параметров заболеваемости населения нами выбраны наиболее общераспространенные: общие заболевания с разделением на взрослых и детей, инфекционные заболевания верхних дыхательных путей, заболевания туберкулезом, считая данный перечень наиболее подверженным состоянию окружающей среды.

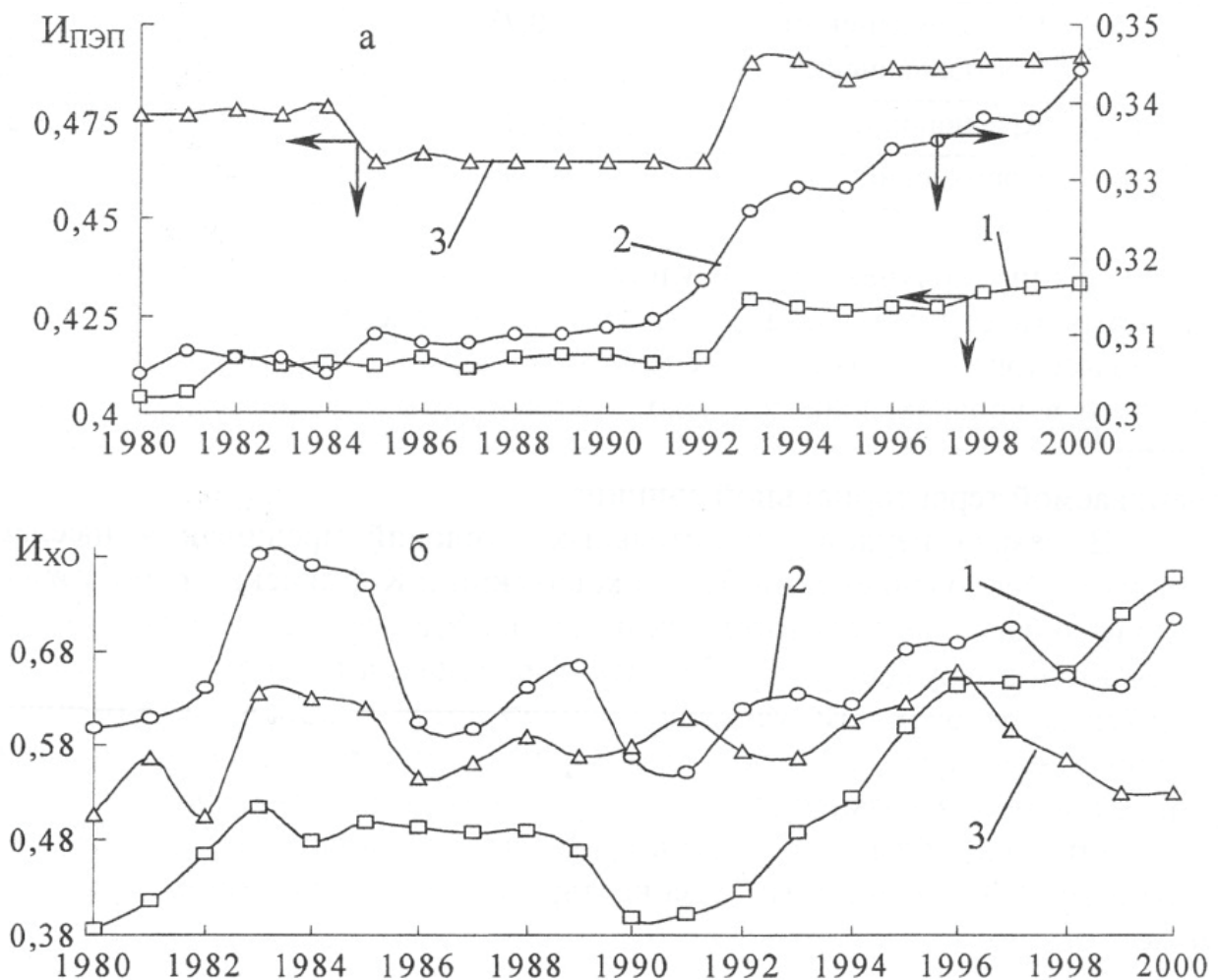


Рисунок 1 – Динамика итоговых показателей экологического состояния территорий административных районов: Брестского (1), Каменецкого (2) и Пружанского (3) районов Брестской области: а – индекс природно-экологического потенциала, б – индекс хозяйственной освоенности

Для проводимых исследований в качестве базовых регионов выбрано 3 района Брестской области: Брестский, Каменецкий и Пружанский.

Исходными данными при исследованиях явились временные ряды основных показателей системы комплексной оценки ИПЭП и И_{хо} (1980-2000 г.г) и ряды заболеваемости населения. По нашему мнению перечисленные болезни в значительной степени обусловлены влиянием факторов состояния окружающей среды.

Графики используемых рядов представлены на рисунках 1 и 2. Отметим, что показатель ИПЭП на представленном отрезке времени проявляет тенденцию возрастания значений с некоторой временной стабильностью. Наиболее резкие возрастания его значения для всех административных районов наблюдаются в районе 1991 года, что, по видимому, объясняется некоторым спадом экономики, причем этот скачок наибольший для Каменецкого района. Динамика индекса хозяйственной освоенности во времени более резкая и выявляет максимумы на 1982-1984 годы и уже отмеченный спад в экономике в районе 1991-1992 годов. Отмечается также рост значений этого показателя в 1996 году сплошь до 2000 исключение составил Пружанский район – здесь наблюдалось его снижение.

Динамика заболеваний проживающего населения во всем исследуемом периоде времени проявляет очень плавный характер и тенденцию к возрастанию. Однако темпы возрастания у каждого из исследуемых районов разные: минимальны у Брестского (порядка 120%), максимальны – у Пружанского (260%).

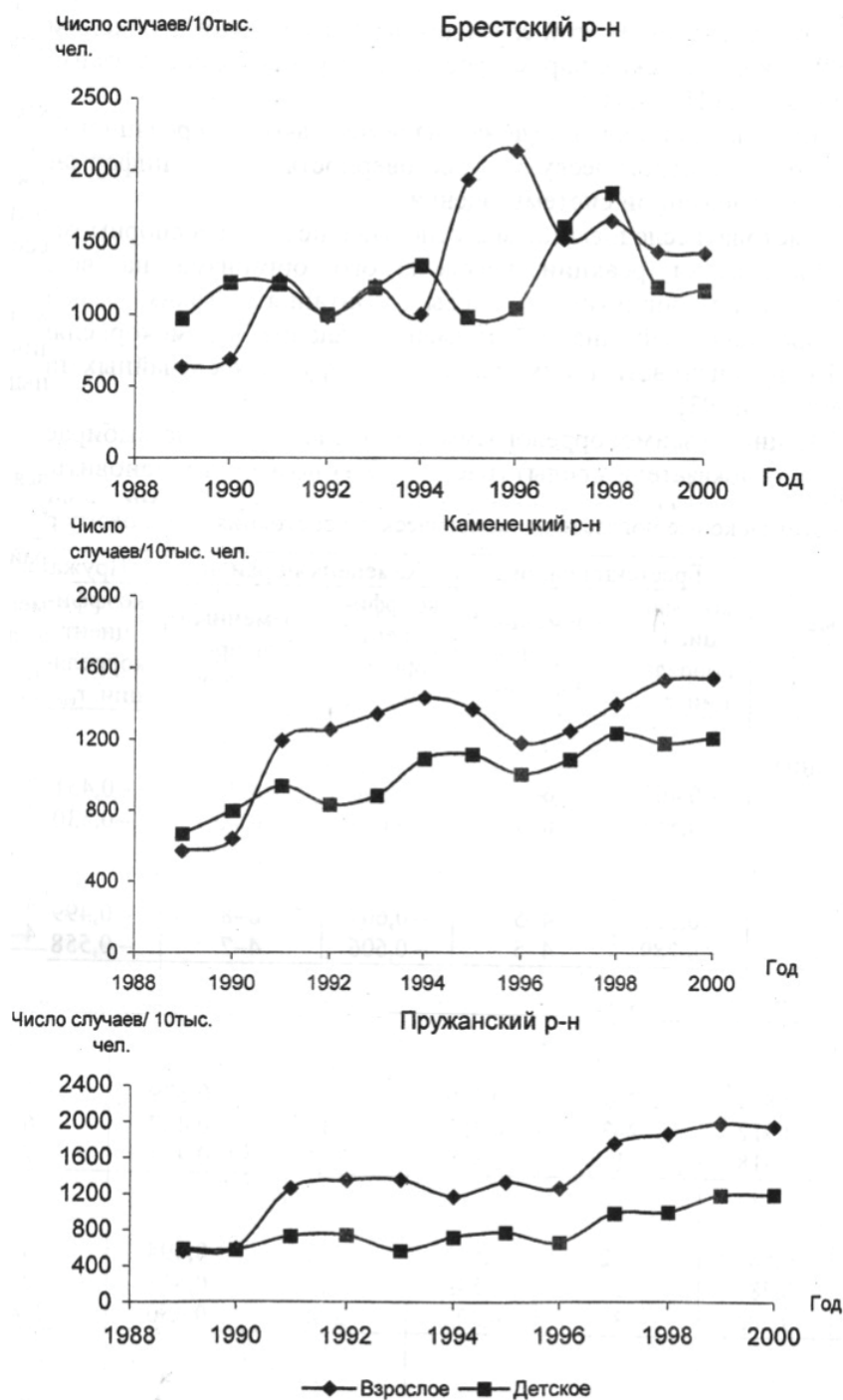


Рисунок 2 – Динамика заболеваемости взрослого и детского населения для районов базового региона

Для исследования взаимосвязи между показателями здоровья населения и индексами экологического состояния исследуемых районов, нами использован метод многомерной статистики [7], основываясь на неоспоримом факте существования запаздывания реакции человеческого организма на изменения (благоприятные или неблагоприятные) состояния окружающей среды обитания. Это может быть оценено по взаимокорреляционным функциям обеих рядов с учетом их смещения во времени (лагов) рис. 3.

Анализ результатов полученных взаимокоррелограмм, представлены на рисунке 3, для последовательно выбираемых рядов пар (параметры заболеваемости), – показатели среды) позволил установить наличие корреляционных связей различной достоверности между ними с различным временем смещения (задержки), табл. 1.

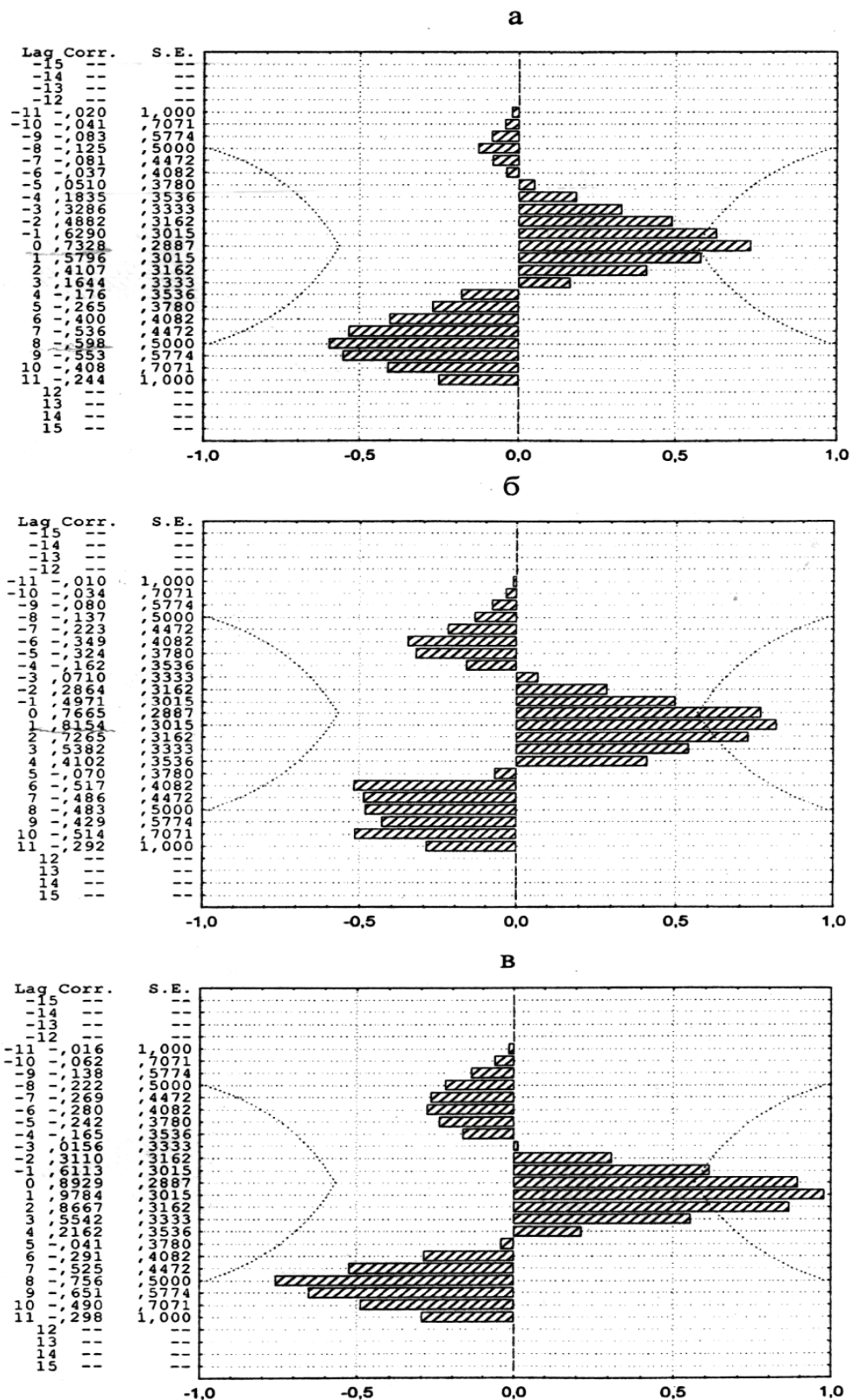


Рисунок 3 – Взаимокорреляционные функции рядов: заболеваемость взрослого населения – $I_{ПЭП}$ (а); детская заболеваемость – $I_{ПЭП}$ (б); инфекционная заболеваемость верхних дыхательных путей – $I_{ПЭП}$ (в)

Использование при анализе приемов сравнения значений коэффициентов корреляции рассматриваемых временных рядов ввиду применения многомерной статистики недостаточно корректно, однако использование трендов их изменений будет оправданным. На основании анализа полученных результатов установлены следующие закономерности.

**Таблица 1 – Результаты корреляционного анализа временных рядов:
показатели здоровья населения – комплексные показатели экологического состояния
по базовому региону**

Сопоставимые ряды	Брестский район		Камянецкий район		Пружанский район	
	Кэффициент корреляции, Γ_{\max}	Временный лаг при Γ_{\max} лет	Кэффициент корреляции, Γ_{\max}	Временный лаг при Γ_{\max} лет	Кэффициент корреляции, Γ_{\max}	Временный лаг при Γ_{\max} лет
Заболѳваемость взрослого населения:						
$I_{\text{ПЭП}}$	-0,469	6–9	-0,596	8–9	-0,451	4–9
$F_{\text{лес}}$	-0,515	8–9	-0,624	8–10	-0,530	4–8
Детская заболѳваемость:						
$I_{\text{ПЭП}}$	-0,377	4–5	-0,607	6–8	-0,499	4–5
$F_{\text{лес}}$	-0,289	4–5	-0,606	4–7	-0,558	4–5
Инфекционные заболѳвания $I_{\text{ПЭП}}$	-0,598	7–9	-0,692	6–9	-0,478	6–8
Заболѳвание туберкулезом $I_{\text{ПЭП}}$	-0,758	8–9	-0,716	8	-0,523	6–8
Заболѳваемость взрослого населения						
$I_{\text{хо}}$	0,815	2–3	0,360	3	0,629	3
$F_{\text{пр}}$	0,912	2–3	0,256	3	0,407	6
$F_{\text{тр}}$	0,518	1	0,396	3–4	0,438	7
Детская заболѳваемость:						
$I_{\text{хо}}$	0,581	1–2	0,523	2–3	0,494	3
$F_{\text{пр}}$	0,751	2	0,545	3	0,418	2
$F_{\text{тр}}$	0,382	3	0,392	2–4	0,450	3–4
Инфекционные заболѳвания $I_{\text{хо}}$	0,860	2–3	0,634	2	0,349	3
Заболѳвание туберкулезом $I_{\text{хо}}$	0,978	3	0,376	3	0,582	1–2

При позитивном (благоприятном) воздействии среды обитания – показатель $I_{\text{ПЭП}}$ – реакция взрослого населения отмечается через 7-10 лет, а детского – через 2-4 года. При этом коэффициент корреляции общего заболѳвания взрослого населения при неблагоприятном состоянии окружающей среды – индекса хозяйственной освоенности – обнаруживает тенденцию больших значений чем, в предыдущем случае, особенно по Брестскому и Пружанскому районам. Детская заболѳваемость также реагирует на неблагоприятное воздействие окружающей среды тенденцией повышенных коэффициентов корреляции.

Аналогичные результаты получены при анализе взаимодействия инфекционных заболѳваний и заболѳваний туберкулезом, с показателями состояния окружающей среды, причем первая из них проявляет несколько большую резистивность.

В заключении считаем, что проведенные в докладе исследования по взаимосвязи заболѳваний проживающего населения и параметрами экологического состояния окружающей среды следует существенно расширить на значительные территории республики с большей детализацией перечня заболѳваний. Такие результаты позволят более обширно и обоснованно оценить экологическое состояние отдельных регионов республики и могут явиться важным информационным основанием для разработки детализированной нормативной базы.

Список использованных источников

1. Малхазова С.М. Медико-географический анализ территорий: картографирование, оценка, прогноз. М., 2001.
2. Мухина Л.И. и др. Системный подход к оценке последствий воздействия человека на окружающую среду. // Природные ресурсы и окружающая среда. Достижения и перспективы. М., 1978. Вып.5. С. 3-16.
3. Пашков П.М., Бурков А.И. Разработка методов и алгоритмов оценки качества окружающей среды // Сборник научных трудов «Алгоритмическое и информационное обеспечение систем экоинформации». Филиал СО АН СССР. Томск, 1989. С. 62-73.
4. Изучение и оценка воздействий человека на природу. АН СССР, Институт географии М., 1980.
5. Заиканов В.Г., Минакова Т. Б. Методические основы геоэкологической оценки урбанизированных территорий // Геоэкология. 1995. №5. С. 63-70.
6. Лис Л.С. Оценка экологического состояния природно-территориальных комплексов. Мн. 2004.
7. Андерсен Е. Статистический анализ временных рядов. Пер. с англ. М., 1976.

УДК 551. 583

В.Ф. Логинов, С.А. Лысенко, Ю.А. Бровка

Государственное научное учреждение «Институт природопользования НАН Беларуси», г. Минск

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

Введение. Изменение температуры Земного шара за период инструментальных наблюдений (почти 170 лет) включают трендовую составляющую, на фоне которой заметны циклы, скачки и паузы. Под скачком температуры понимается быстрое изменение температуры по сравнению со средней величиной ее линейного тренда, а пауза или стабилизация в изменении температуры означает отсутствие или слабый рост температуры во времени. Продолжительность циклов, скачков и пауз изменяется в широких пределах от нескольких лет до десятилетий. Причина изменений температуры не может быть связана только с линейным или экспоненциальным увеличением содержания парниковых газов в атмосфере. В основе изменчивости глобальной температуры лежит влияние на климатическую систему различного рода внешних и внутренних факторов, а также автоколебания в климатической системе, которые могут формироваться и без внешних воздействий [1].

Обзор работ, посвященных исследованию пространственно-временных изменений климата, представлен в брошюре Логинова В.Ф. [2], а также в работах других авторов [3–5]. В работе рассмотрены пространственно-временные особенности изменений температуры в целом для Земного шара, а также в Северном и Южном полушариях и их связь с содержанием водяного пара в атмосфере.

Нами выполнено детальное исследование трендов температуры Земного шара с использованием рядов данных нормированных на среднеквадратическое отклонение среднемесячных температур с 1850–2017 гг., предоставленных Национальным центром климатических данных США (NOAA National Climatic Data Center (NCDC)).

Результаты исследований. На основании рассчитанных трендов аномалий температуры приземного воздуха в среднем за год, а также в наиболее теплые (июль–август) и холодные (январь–февраль) месяцы года в Северном и Южном полушариях, а также в целом для Земного шара выявлены характерные периоды изменений температуры: скачки (1908–1945 и 1968–1998 гг.) и паузы (1850–1908, 1945–1968 и 1998–2014 гг.). В качестве примера на рис. 1 приведены изменения среднегодовых значений температуры.

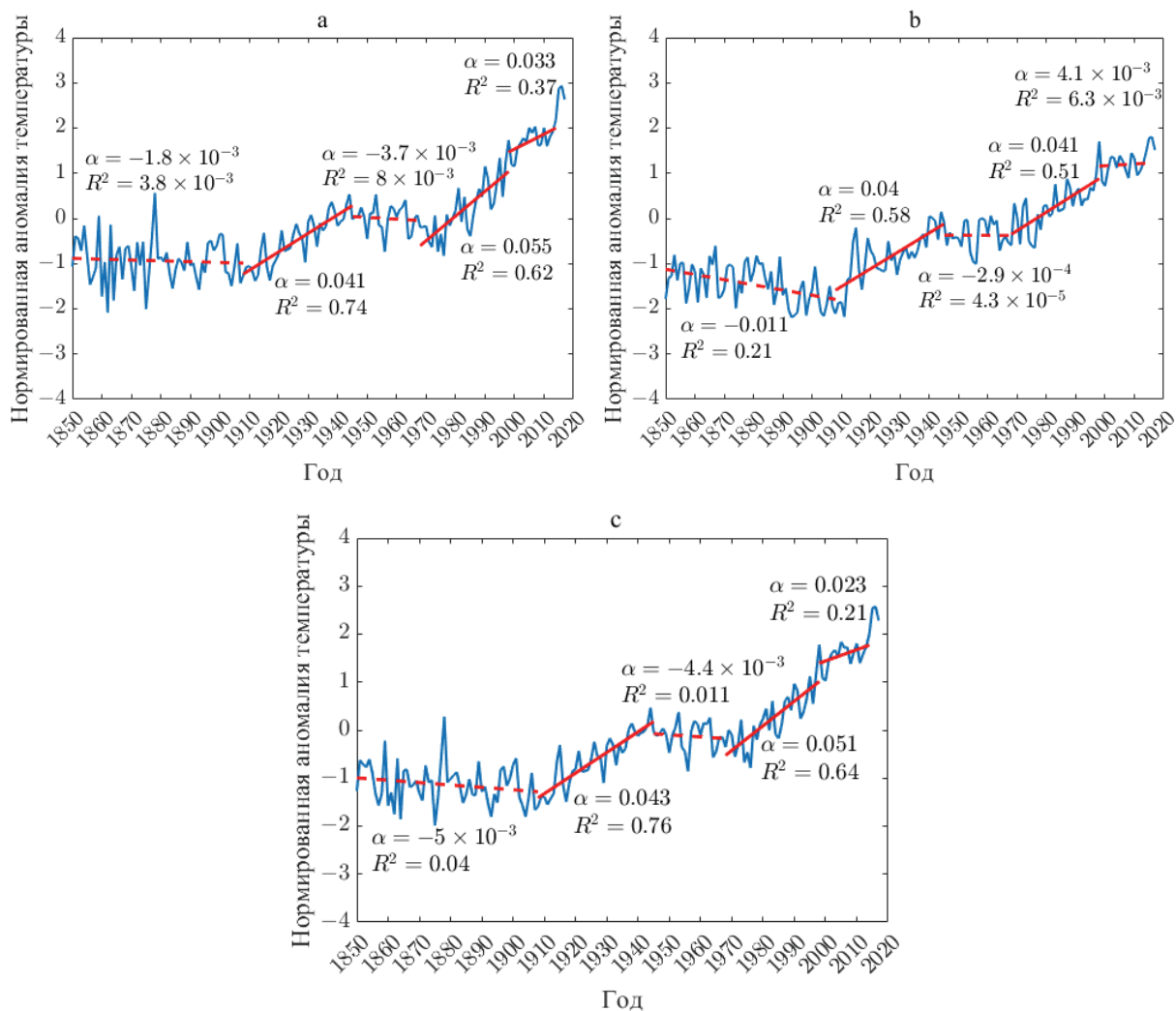


Рисунок 1 – Среднегодовые нормированные аномалии температуры Северного (а), Южного (б) полушарий (суша и океан) и Земного шара в целом(с)

Для первого периода ускоренного роста (1908–1945 гг.) температуры Земного шара и Северного полушария коэффициент линейного тренда в самые теплые месяцы года был соответственно в 1,5 и 1,9 раза больше, чем в самые холодные. В Южном (океаническом) полушарии коэффициенты линейного тренда для холодного и теплого полугодий были приблизительно одинаковыми. Для второго скачка в изменении температуры (1968–1998 гг.) различий в скорости роста температуры в самые холодные и теплые месяцы года не обнаружено (различия в величинах коэффициентов линейного тренда находятся в интервале $\pm 0,003$).

Установлено, что продолжительность и «глубина» пауз в изменении температуры уменьшается с ростом содержания парниковых газов в атмосфере. Продолжительность первой паузы (1850–1908 гг.) составляет около 60 лет, второй паузы (1945–1968 гг.) – около 23 лет, а последней (1998–2014 гг.) – только 16 лет. Для последней паузы средний форсинг парниковых газов вырос более чем в 17 раз, по сравнению его величиной в предыдущую паузу. Во время первой паузы среднегодовая нормированная аномалия температуры была почти на 1°C ниже нормы, во время второй паузы – примерно на $0,2^{\circ}\text{C}$ ниже нормы, а в во время последней слабовыраженной паузы (1998–2014 гг.) средние годовые нормированные аномалии температуры превысили норму на 1°C .

Отдельно нами выполнен анализ летних и зимних температур в Северном и Южном полушариях за последний период времени с 1948 по 2017 гг. (рис. 2, 3), который характеризуется наличием более полных и достоверных климатических данных; а также большей выраженностью форсинга парниковых газов антропогенного происхождения.

Для обеих полушарий наблюдалась пауза в изменении летних и зимних температур в 1948–1968 гг. и значительный ее рост (скачок) в последующий период (1968–1998 гг.). В последние годы (1998–2014 гг.) постоянный рост температуры сохранился только в летнее время в Северном полушарии; зимой рост температуры в обоих полушариях Земли сменился ее небольшим снижением. Величины коэффициентов линейных трендов температуры в периоды ее роста в Северном полушарии мало отличались в зимние и летние месяцы года. Тогда как в Южном полушарии более значительный скачок температуры в 1968–1998 гг. наблюдался летом. Более выраженная пауза и даже падение температуры в летнее время наблюдались в период с 1945 по 1968 гг.

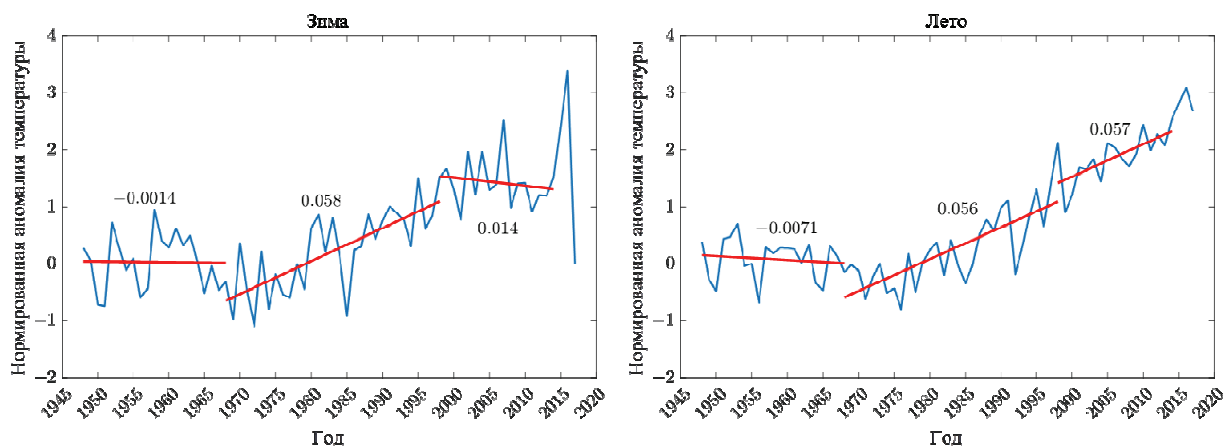


Рисунок 2 – Тренды аномалий температуры в Северном полушарии, нормированные на среднеквадратическое отклонение (Тренды относятся к следующим периодам: 1948–1968, 1968–1998, 1998–2014 гг.)

Рассмотрим связь изменений температуры Земного шара с представленным на рис. 4. изменением удельной влажности в атмосфере на высоте 400 мбар за период с 1948 по 2017 гг. (данные реанализа NCEP/NCAR). Изменение удельной влажности на уровне 400 мбар коррелирует с общим содержанием водяного пара в столбе атмосферы ($r = 0,47$, $R_{\text{случ.}} < 5\%$), что позволяет использовать ряд удельной влажности как показатель общего содержания водяного пара в атмосфере.

Из рисунка следует, что изменения удельной влажности (в г/кг) за указанный период, можно разделить на три подпериода, в которые скорость изменения удельной влажности существенно различается:

1-й период – 1948–1968 гг. – в изменении удельной влажности заметен ярко выраженный отрицательный тренд; удельная влажность уменьшается приблизительно на 0,05 г/кг. Коэффициент линейного тренда равен $-0,0026$.

2-й период – 1968–1992 гг. – в изменении удельной влажности практически не наблюдается тренда, хотя короткопериодные флюктуации имеют приблизительно такую же мощность, как и для всего доступного ряда. Коэффициент линейного тренда равен $-0,00009$.

3-й период – 1992–2014 гг. – в изменении удельной влажности содержится отрицательный тренд, но удельная влажность изменяется почти в два раза меньше, чем в первом периоде. Именно с 1992 года и произошло увеличение скорости Тихоокеанских пассатов, что оказало существенное влияние на изменение содержания влаги в атмосфере. Коэффициент линейного тренда составляет $-0,0005$.

Если сопоставить ряд удельной влажности в атмосфере с рядом изменения температуры Земного шара, то можно выявить важные особенности в изменении этих характеристик:

1. Величина аномалий температуры Земного шара интенсивно увеличивалась в период паузы в изменении содержания водяного пара в атмосфере (1968–1992 гг.). В это время трендовая составляющая суммарного радиационного форсинга водяного пара и оптической толщины облаков, вероятно, практически оставалась постоянной, что позволило радиаци-

онному форсингу парниковых газов обеспечивать непрерывный рост аномалий температуры Земного шара.

2. В периоды уменьшения водяного пара в атмосфере и, как следствие, уменьшение оптической толщи облаков их суммарный радиационный форсинг затушевывает радиационный форсинг парниковых газов. Это приводит либо к стабилизации в изменении аномалий температуры (уменьшению роста аномалий температуры) при небольших изменениях содержания водяного пара в атмосфере (как это было в 2001–2014 гг.), либо даже к падению температуры, как это было при существенно больших изменениях водяного пара в атмосфере (1948–1968 гг.), когда радиационный форсинг парниковых газов существенно уступал радиационному форсингу водяного пара и оптической толщине облачности.

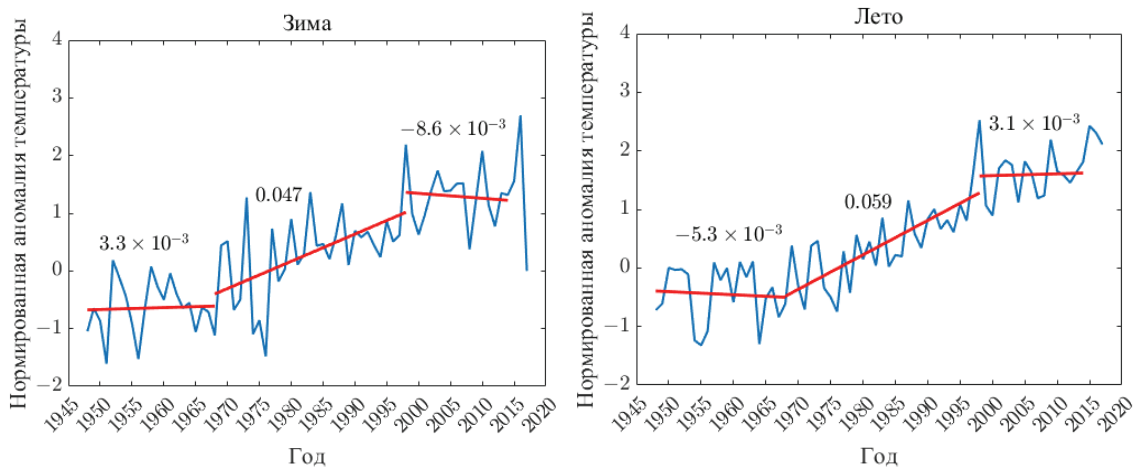


Рисунок 3 – Тренды аномалий температуры в Южном полушарии, нормированные на средноквадратическое отклонение (тренды относятся к следующим периодам: 1948–1968, 1968–1998, 1998–2014 гг.)

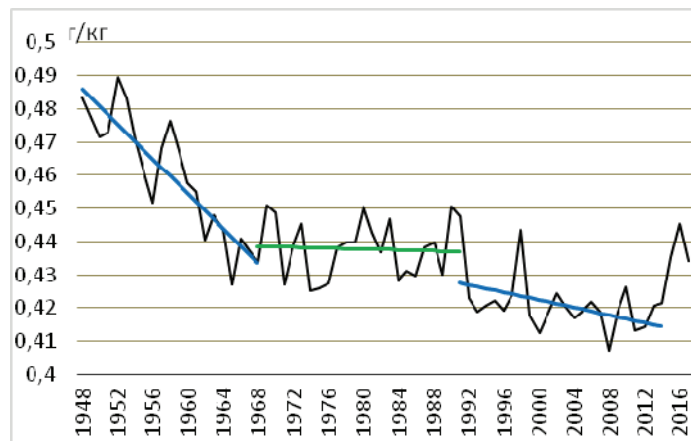


Рисунок 4 – Изменение удельной влажности в слое атмосферы на уровне 400 мбар за период с 1948 по 2017 гг.

Результаты анализа пространственно-временных изменений удельной влажности в Северном полушарии за период с 1949 по 2014 гг. сведены в таблицу. Величины линейных трендов удельной влажности рассчитаны для трех периодов: 1949–1968, 1968–1992, 1992–2014 гг. отдельно для зимы, лета и года в целом. Из таблицы следует, что наибольшая скорость падения удельной влажности в Северном полушарии отмечается в 1949–1968 гг., а наименьшая – в 1968–1992 гг. В последний период скорость падения удельной влажности в Северном полушарии отличалась от скорости ее падения в другие периоды времени (1949–1968 и 1992–2014 гг.), как для сезонов года, так и года в целом в 3–28 раз. Это говорит о существенном замедлении скорости падения удельной влажности (паузе) в период с 1968 по 1992 гг. и несколько меньшем замедлении скорости в 1992–2014 гг.

Таблица – Коэффициенты линейного тренда (α) удельной влажности в Северном полушарии в разные периоды времени

Средние значения α для Северного полушария	Период времени, гг.	Сезонные и среднегодовые значения α		
		Зима	Лето	Год
	1949–1968	–0,0017	–0,0071	–0,00395
	1968–1992	–0,00006	–0,00038	–0,00029
	1992–2014	–0,00056	–0,00026	–0,00047

Сравнительный анализ связи изменений температуры и удельной влажности в Северном полушарии позволяет сделать следующие выводы.

1. Интенсивная скорость падения удельной влажности в Северном полушарии с 1948 по 1968 гг. согласуется со значительным падением температуры, составившим около $0,2^{\circ}\text{C}$ по сравнению с предыдущим 20-летним периодом.

2. В период с 1992 по 2014 гг. произошло более слабое по сравнению с первым периодом падение удельной влажности в Северном полушарии, а также замедление скорости роста температуры по сравнению с предыдущим 20-летием.

3. Максимальный рост температуры Северного полушария за всю историю инструментальных наблюдений отмечался с конца 60-х до 1998 года. В большую часть этого периода не отмечалось сколько-нибудь заметной трендовой составляющей в изменении удельной влажности, что позволяет говорить о наступившей паузе в ее изменении для Северного полушария. Радиационный форсинг главного парникового газа – водяного пара – в этот период не претерпевал существенных изменений (кроме короткопериодных), а форсинг других парниковых газов антропогенного происхождения возрос приблизительно на 1 Вт/м^2 по сравнению с периодом с 1908 по 1945 гг., обеспечив тем самым рост температуры на несколько десятых градуса.

В изменении удельной влажности атмосферы зимой и летом обнаружены некоторые различия. Скорость падения удельной влажности в Северном полушарии с 1968 по 1992 гг. существенно замедлилась, однако летом оказалась в 6,3 раза больше, чем зимой. Это могло привести к более быстрому повышению зимней температуры за счет общего форсинга парниковых газов, по сравнению с ростом летней температуры. Действительно, скорость роста температуры в Северном полушарии зимой в это время была больше, чем летом, и неслучайно потепление 70–90-х годов прошлого столетия называют «зимним потеплением». В период с 1998 по 2014 гг., наоборот, удельная влажность атмосферы летом снижалась медленнее, чем зимой, что должно было привести к более быстрому потеплению летом, по сравнению с зимой. Анализ изменений нормированных аномалий температуры в Северном полушарии показал, что скорость роста летней температуры в текущем столетии действительно стала выше, чем зимней: зимняя температура в Северном полушарии за 1998–2014 гг. даже понизилась на величину около $0,1^{\circ}\text{C}$.

Изменения содержания водяного пара и оптической толщины облаков, а также аэрозолей естественного и антропогенного происхождения рассматриваются в работе как главные причины изменений глобальной температуры, происходящих на фоне трендовой ее составляющей, которая определяется ростом антропогенных парниковых газов. Так, интенсивный рост аномалий температуры Земного шара отмечался в период паузы в изменении содержания водяного пара в атмосфере и оптической толщины облаков (1968–1992 гг.) за счет радиационного форсинга антропогенных парниковых газов. В периоды уменьшения водяного пара в атмосфере и, как следствие, уменьшения оптической толщины облаков наблюдается замедление роста аномалий температуры либо даже небольшое падение температуры, особенно в зимнее время года (1948–1968 гг.). В указанный период радиационный форсинг антропогенных парниковых газов существенно уступал уменьшающемуся радиационному форсингу водяного пара и оптической толщине облаков. Последние собственно и обеспечили незначительное падение глобальной температуры. Подобная тенденция в изменении температуры наблюдалась и в период с 1998 по 2014 гг., когда содержание водяного пара в атмосфере также несколько уменьшилось.

Выводы. В изменении температуры Земного шара и отдельно Северного и Южного полушарий содержится трендовая составляющая, на фоне которой обнаружены периоды быстрого роста температуры (скачки) и периоды, когда скорость роста температуры понижалась (паузы). В течение рассмотренного интервала времени выявлены два периода с наибольшим ростом температуры: 1908–1945 и 1968–1998 гг. В последнем периоде скорость роста температуры была в 1,2 раза больше, чем в предыдущем. Наибольшее замедление роста температуры (отрицательный линейный тренд) пришлось на период с 1945 по 1968 гг.; меньшее замедление роста температуры наблюдалось с 1998 по 2014 гг. Изменения глобальной температуры согласуются с изменениями удельной влажности атмосферы: уменьшение скорости роста температуры примерно совпадает по времени с уменьшением содержания водяного пара в атмосфере (1948–1968 гг. и 1998–2014 гг.).

В период с 1968 по 1998 г, когда трендовая составляющая удельной влажности атмосферы была минимальной, форсинг парниковых газов обеспечил самый интенсивный рост глобальной температуры (около 0,5°C за тридцатилетний период).

Пространственные особенности в изменении удельной влажности атмосферы в Северном полушарии проявились и в пространственных изменениях температуры. Скорость роста летней температуры Северного полушария в последние десятилетия оказалась больше зимней, что невозможно интерпретировать, оставаясь в рамках теории парникового потепления климата. В качестве основных факторов, способных обеспечить более быстрый рост летних температур, по сравнению с зимними, можно выделить снижение аэрозольного загрязнения атмосферы и уменьшение оптической толщины облаков.

Список использованных источников

1. Iwashima, T. Time-spaced spectral general circulation model, I-time-space spectral model of low-order barotropic system with periodic forcing / T. Iwashima, R. Yamamoto // *J. Met. Soc. Japan.* – 1986. – Vol. 64. – P. 183–196.
2. Логинов, В. Ф. Глобальные и региональные изменения климата: доказательная база и международные соглашения по защите климата / В. Ф. Логинов. НАН Беларуси, Институт природопользования – Минск, 2018. – 101 с.
3. Лысенко, С. А. Роль океана в изменениях глобального и регионального климата / С. А. Лысенко, В. Ф. Логинов // Доклады БГУИР. – 2018. – № 8 (118). – С. 58–63.
4. Yao, S.-L. The global warming hiatus – a natural product of interactions of a secular warming trend and a multi-decadal oscillation / S.-L. Yao, G. Huang, R.-G. Wu, and X. Qu // *Theoretical and Applied Climatology.* – 2016. – Vol. 123, No. 1–2. – P. 349–360.
5. Kosaka, Yu. Recent globale-warming hiatus tied to equatorial Pacific surface cooling / Yu. Kosaka, Shang Ping Xie. Doi: 10.1038 / *Nature* 12534.

УДК 528.9

М.Е. Захарова, Н.Б. Тупицына

Могилевский государственный университет имени А.А. Кулешова

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Ведение городского хозяйства сопряжено с решением многоплановых и многоотраслевых задач. В частности, необходимо создавать условия для бесперебойного функционирования городских магистральных систем, относящихся к различным ведомствам, рационально использовать городскую территорию под промышленную, жилую и транспортную инфраструктуру, обеспечивать комфортные условия проживания граждан. Создание и поддержание комфортных условий в городской среде невозможно без системы озеленения.

В действующих населенных пунктах, особенно в городах, как правило, уже существует определенная система озелененных территорий, которая может включать как благоустроенные озелененные территории общего пользования (парки, скверы, сады, бульвары, природные парки др.), так и природные объекты (леса, луга, болота, древесно-кустарниковую растительность), озелененные территории ограниченного пользования – производственно-коммунальной, общественной, жилой застройки, а также озелененные территории специального назначения и другие. На современном этапе развития актуальна оптимизация с учетом величины и функций населенных пунктов в системе расселения, ландшафтно-экологических условий размещения, рекреационных потребностей населения, тенденций развития, опыта градостроительства и достижений ландшафтной архитектуры. [2]

Не менее актуально развитие системы учета зеленых насаждений, включая разработку содержания базы данных по зеленым насаждениям, относящимся к различным категориям, картирование мест произрастания различных категорий зеленых насаждений (деревья, кустарники, цветники, партерные и луговые газоны) по отдельным территориям. Возможность визуального подтверждения имеющейся в базе данных информации по отдельным категориям зеленых насаждений также необходима в работе служб, в чьем ведении и компетенции находится работа по уходу за зелеными насаждениями городских территорий. Текущее обновление базы данных и картографического материала позволит иметь доступ к актуальной информации по оценке состояния зеленых насаждений, своевременного выявления объектов ненадлежащего (большого, аварийного) состояния и принятия мер по их демонтажу. Эти, и многие другие задачи ведения зеленого городского хозяйства позволяют решить ГИС-технологии.

Современные программные продукты геоинформационной функциональности различны по сложности, набору функций и инструментов, особенностями работы в них, страной-производителем. Достаточно распространенным сервисом является геоинформационный продукт серверный вариант Arc GIS Online американской компании ESRI и настольные продукты ArcView, ArcEditor, ArcInfo указанного производителя. Данные продукты имеют возможность применения при работах по землеустройству, ведения различного рода кадастровых каталогов в различных областях природопользования, в геодезических, геоэкологических работах, инженерном картографировании и прочее. Данные программные продукты предоставляют зарегистрированным пользователям доступ к широкому спектру ресурсов, а именно возможность загружать различные варианты картографического материала, спутниковых снимков территории, пакеты слоев для различных карт с тематической информацией, пакеты локаторов и геообработки, различные сервисы (геолокации, геоданных, геообработки, геокодирования, поиска, картографический сервис, сервис изображения). Программные продукты данной линейки дают возможность текущей работы в браузере с сохранением на рабочем компьютере результатов [1, с.32]. Безусловно, эти же сервисы можно использовать и для учета зеленых насаждений городских территорий. К проблемным аспектам использования данных технологий в организациях, занятых содержанием и уходом зеленых насаждений в пределах городских территорий крайне не достаточно специалистов соответствующего профиля, и часто отсутствует даже общее представление о современных возможностях картографических программных продуктов. Решение вопросов, лежащих в плоскости данного проблемного поля, лежит в большей степени во временной плоскости. Очевидно, что в ближайшем будущем все городские службы будут обращаться к данным технологиям, расширяя их применение в профессиональной деятельности. Более простым программным продуктом, применение которого может быть оправдано более простым интерфейсом, множественными обучающими инструментами и сравнительной простотой работы на фоне возможности самостоятельной работы по нанесению на карту пояснительных условных знаков, делающих спутниковые снимки читаемыми и информативными, является сервис OpenStreetMap. Это некоммерческий, веб-картографический проект, созданный заинтересованным сообществом для фактического дешифрирования космических снимков территории и нанесения на карту детальной информации о различ-

ных объектах (дорогах, строениях, объектах растительного мира, промышленной инфраструктуры и проч.) Работа в этом сервисе требует регистрации и бесплатна, в то время как для подключения профессиональных функций линейки ESRI требуется дополнительная оплата [1, с. 33].

Принцип работы подобных программных продуктов имеет много общего. При первом сеансе работы необходимо зарегистрировать растровое изображение, то есть указать географические координаты предварительно определенных контрольных точек, которых должно быть не менее 3-х. В качестве контрольных точек могут выступать пересечение линий картографической сетки, значки населенных пунктов, обозначенные точечными условными знаками на топографических картах, перекрестки дорог и т. д. Растровое изображение регистрируется один раз, после чего, программа автоматически вычисляет географические координаты для каждого пикселя на растре, что позволяет в дальнейшем узнавать координаты, рассчитывать длину, периметр и площадь различных векторных объектов, осуществлять геокодирование и производить иные аналитические операции.

После регистрации растрового изображения можно переходить к созданию векторной карты. Для этого производится послойная оцифровка растра. Слои должны отображать различные географические объекты: горизонталы, отметки высот, населенные пункты, дороги, сельскохозяйственные угодья. Все вместе слои будут составлять карту.

Создав карту из слоев, можно настраивать каждый слой в отдельности, добавлять новые слои, перемещать или удалять существующие.

Таким образом, перед началом работ по оцифровке растрового изображения необходимо определиться с количеством и содержанием слоев, которые будут составлять цифровую карту. Для ландшафтной карты ключевого участка было создано 6 слоев: 5 общегеографических – горизонталы, водоемы, лесные насаждения и дороги; и 1 ландшафтный, на котором отражены ландшафтные полосы, выделенные для данного ключевого участка. После создания карты с базовой топографической информацией можно приступить к созданию векторной модели ландшафтной карты. Для этого создается новая таблица Ландшафтные полосы и с помощью инструмента «Полигон» оцифровываются ландшафтные контуры. Им задаются соответствующие графические атрибуты.

Для придания векторной модели завершенного картографического образа необходимо добавить подписи на карте и условные обозначения.

В целях картирования растительности территорий общего пользования г. Могилева были определены следующие объекты: парк имени Горького (р-н площади Орджоникидзе) и Печерский лесопарк. Дополнительно изучались объекты растительного мира, чье экологическое состояние серьезно пострадало вследствие чрезмерного кронирования (рисунок 1).

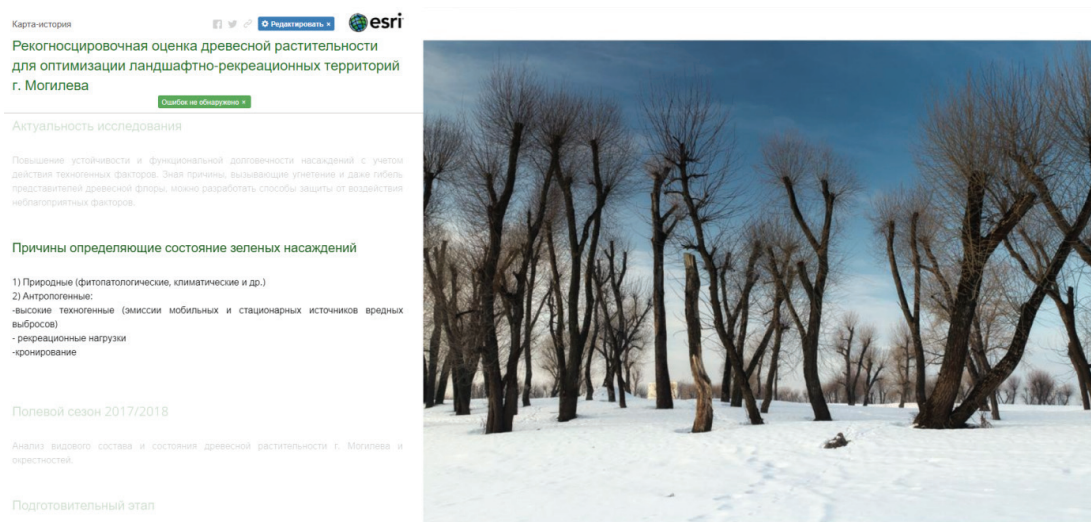


Рисунок 1 – Фрагмент программного продукта ArcGISOnlinec базой данных по экологическому состоянию зеленым насаждениям

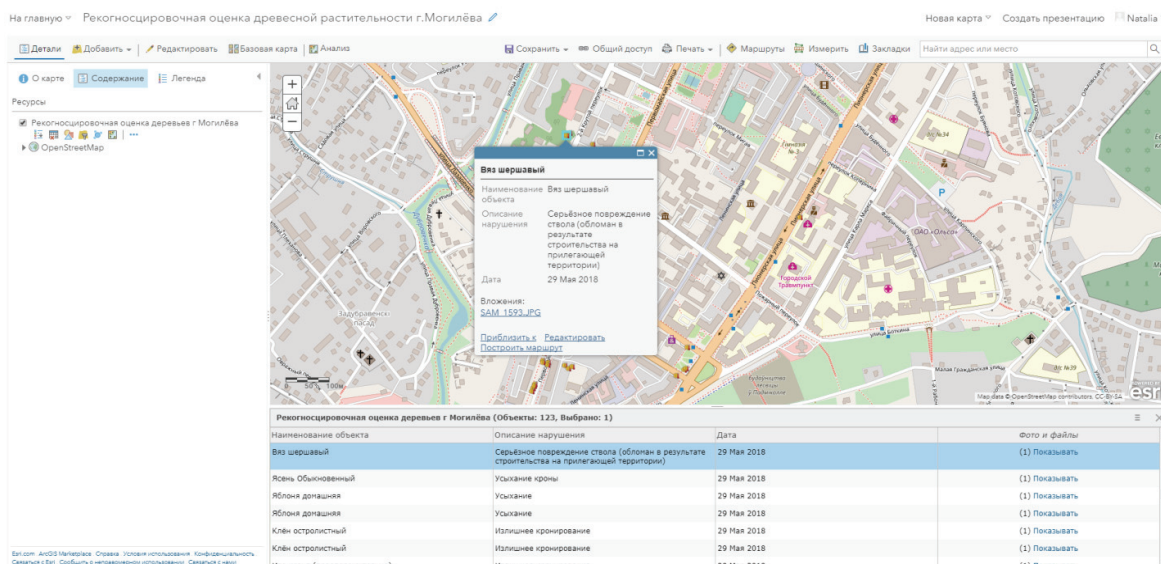


Рисунок 2 – Вид программного продукта с приложением по учету объектов растительного мира

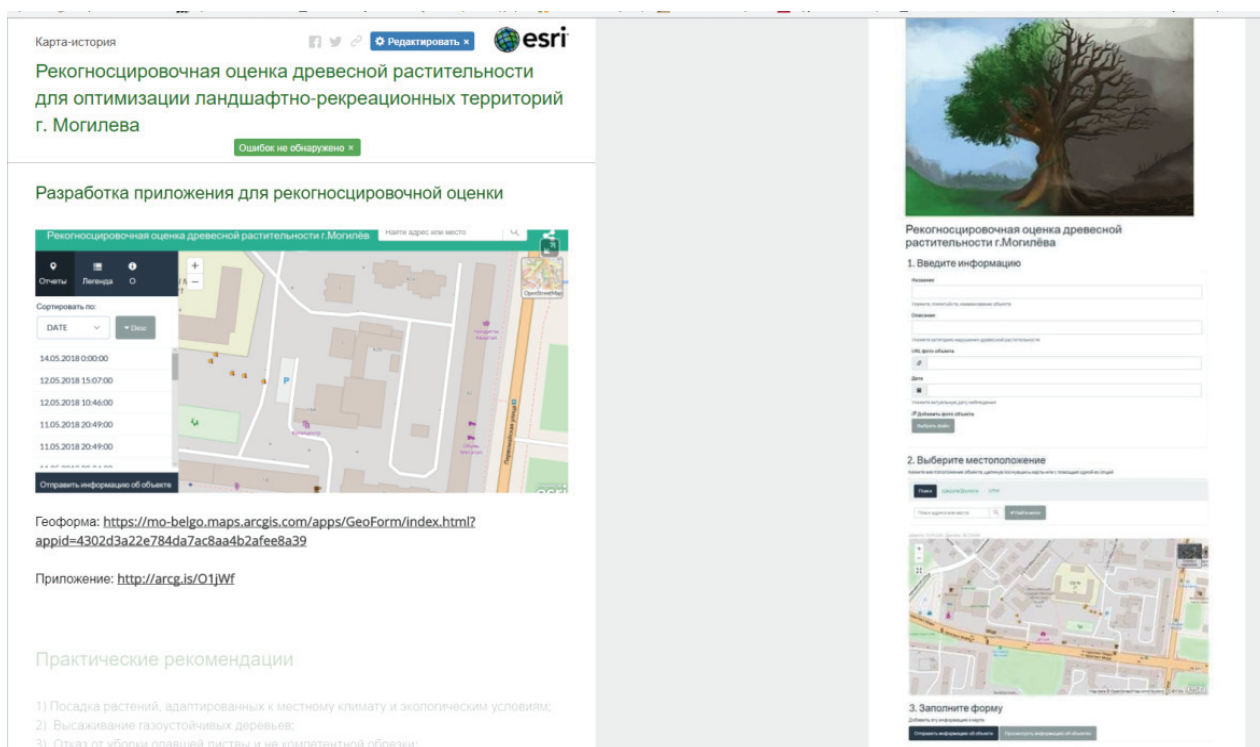


Рисунок 3 – Рабочее поле приложения программного продукта Arc GIS Online компании ESRI

Для картирования экологического состояния объектов растительного мира применялся программный продукт ArcGISOnline компании ESRI. Данный сервис позволяет проводить картографирование растительности одновременно с составлением базы данных онлайн. Объекты растительности привязываются к соответствующему разделу базы данных. Там же размещается фото объекта. Собранная база данных На электронной карте приложения, которую можно открыть в браузере, можно проводить манипуляции связанные с обработкой статистических данных – можно провести анализ карт по кластерам – либо по экологическому состоянию, либо по видовому составу. (см. рис. 2,3) Статистические данные могут быть размещены в атрибутивную таблицу в программе Exsell, где также можно провести обработку статистической информации.

Таким образом, в настоящее время целесообразно проводить картографирования видового состава и экологического состояния растительности городских территорий с применением картографических информационных продуктов, поскольку сбор и обработка информации получает существенные преимущества в контексте возможной аналитики и дальнейшего сбора и обработки. Перспективы подобной работы очевидны, так как смогут вывести на принципиально новый, более высокий уровень профессиональную деятельность служб, ответственных за сохранение и развитие системы озеленения городских территорий.

Список использованных источников

1. Захарова, М.Е. Применение геоинформационных программных продуктов для организации учебных полевых практик по географическим дисциплинам//Профессиональные коммуникации в научной среде – фактор обеспечения качества исследований: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Альметьевск. – М.: Издательство «Перо», 2018. С. 31–36. [Электронное издание].

2. Методические рекомендации по проектированию «Правила проведения озеленения населенных пунктов»//Электронный ресурс: Режим доступа: <http://www.mas.by/uploads/documents/Methodicheskie-rekomendatsii-po-proektirovaniju-Pravila-provedeniya-ozeleneniya-naselennykh-punktov.pdf>, свободный.

УДК 504.3.064-034

С.В. Какарека, доц., д-р геогр. наук; О.Ю. Круковская, канд. геогр. наук;
А.В. Мальчихина, канд. геогр. наук
Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск

ОТЧЕТНОСТЬ О ВЫБРОСАХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В РАМКАХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ ПО КОНВЕНЦИИ О ТРАНСГРАНИЧНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОЗДУХА НА БОЛЬШИЕ РАССТОЯНИЯ: МЕТОДОЛОГИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Одним из обязательств Сторон Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния является предоставление отчетности о выбросах в соответствии с установленными требованиями. В настоящее время Стороны Конвенции при подготовке и предоставлении этой документации используются Руководящие принципы оценки и представления данных о выбросах [1], которые разработаны Целевой группой по кадастрам и прогнозам выбросов ЕМЕП и утверждены Руководящим органом ЕМЕП и Исполнительным органом Конвенции. Последнее обновление Руководящих принципов было утверждено на тридцать второй сессии Исполнительного органа Конвенции в 2013 г.

Отчетность о выбросах включает ежегодную отчетность и отчетность на четырехгодичной основе. В рамках ежегодной отчетности Стороны, согласно ратифицированным ими и вступившими для них в силу протоколам, предоставляют данные о национальных выбросах и деятельности в разрезе секторов требуемого уровня агрегации за год на два года предшествующий году предоставления отчетности. Также Сторонам настоятельно рекомендуется представлять ежегодно Информационный доклад о кадастрах (ИДК) с обязательными разделами по установленному перечню.

На четырехгодичной основе (начиная с 2015 г.) Сторонам рекомендуется предоставлять прогнозы выбросов на 2020, 2025 и 2030 годы и, при наличии информации, также на 2040 и 2050 годы. Данные о прогнозах выбросов и количественную информацию, лежащую в их основе, также следует предоставлять в соответствии с требуемым уровнем агрегации и формой. Начиная с 2017 г. с периодичностью 1 раз в 4 года необходимо предоставлять пространственно распределенные данные о выбросах. Эти данные включают агрегированные

показатели о секторальных выбросах в разбивке по ячейкам сетки разрешением 0,1 градуса и о выбросах из крупных точечных источников.

Отчетность о выбросах следует готовить и предоставлять с соблюдением принципов прозрачности, последовательности, сопоставимости, полноты и точности [1].

В соответствии с вышеизложенными требованиями в рамках задания 2.1.8 ГНТП «Природопользование и экологические риски» Подпрограмма II «Устойчивое использование природных ресурсов и охрана окружающей среды» были подготовлены и предоставлены национальные валовые выбросы и выбросы по категориям источников (НПО) следующих загрязняющих веществ: SO₂, NO_x, НМЛОС, СО, NH₃, тяжелых металлов (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) и СОЗ (диоксины/фураны, ПХБ, ГХБ, ПАУ (бенз(а)пирена, бензо(б)флюорантена, бензо(к)флюорантена, индено(1,2,3-сд)пирена и их суммы)), твердым частицам (ВЧ, ВЧ10, ВЧ2,5 и ЧУ) за 2015–2017 гг., а также данные о деятельности в основных секторах и Информационные доклады о кадастрах.

Подготовка национальных данных о выбросах выполнялась в несколько этапов:

- сбор, обработка и анализ статистических данных о выбросах загрязняющих веществ;
- сбор, преобразование и анализ данных производственной статистики (потребление топлива, объем производства продукции, количество автотранспорта и пр.) для расчета выбросов;
- оценка выбросов;
- формирование результирующих отчетных таблиц по установленной форме.

Методологической основой подготовки инвентаризации выбросов загрязняющих веществ является Руководство ЕМЕП/ЕЕА [2].

При подготовке отчетности о выбросах загрязняющих веществ оценка выбросов выполняется в разрезе секторов и веществ. Методы, используемые при инвентаризации выбросов для отдельных веществ и категорий источников, в рамках национальной отчетности принято разделять на 3 уровня детализации. Обобщенные методы (уровень детализации 1) используются для оценки наименее крупных секторов на основании валовых макропоказателей, таких как суммарное потребление топлива определенного вида, численность населения, количество использованных или произведенных продуктов. При более детальном рассмотрении учитываются региональные особенности и используемые технологические процессы (уровень детализации 2). На наиболее детализированном уровне учитывается спецификация оборудования, установленные системы пылегазоочистки и другие параметры. Оценка с помощью методологии третьего уровня детализации предполагает использование измерений и детальных моделей на уровне отдельных предприятий и суммирование полученных оценок в рамках отдельного сектора.

Необходимый уровень детализации используемой методологии определяется приоритетностью сектора в качестве источника выбросов, т.н. отнесением к «ключевым категориям» для отдельных веществ. Ключевыми категориями принято считать сектора, суммарно обеспечивающие 80% валовых выбросов для отдельных веществ. Как правило, для каждого вещества, ключевым являются 5–6 секторов. Для тяжелых металлов и СОЗ характерно наличие меньшего количества ключевых секторов (2–3), для твердых частиц их число обычно 6–10.

При оценке выбросов используются как расчетные формулы метода удельных показателей, так и специальные модели (обычно соответствуют наивысшему уровню детализации).

Метод удельных показателей для отдельного вещества i и сектора j предполагает расчет выбросов $E_{i,j}$ по уравнению:

$$E_{i,j} = EF_{i,j} \cdot A_j,$$

где $EF_{i,j}$ – удельный показатель (обобщенный или учитывающий технологические особенности) для вещества i и сектора j ; A_j – данные об активности в секторе j .

К специальным методам, используемым для подготовки отчетности о выбросах в Беларуси, относятся модель оценки выбросов от автомобильного транспорта COPERT, модель расчета выбросов аммиака от сельскохозяйственных источников.

Выбросы аммиака от сельского хозяйства оцениваются с использованием детальной методологии, учитывающей не только вид животных, но и метод их содержания. При этом выбросы аммиака оцениваются на различных стадиях «управления» навозом: содержание животных, хранение навоза, внесение навоза на поля в качестве удобрений, выпас животных. Такая методика позволяет более точно оценить выбросы аммиака, к тому же начиная с 2016 г. необходимо представлять данные о выбросах аммиака от внесения навоза на поля и прочих процессах управления навозом отдельно [1].

В качестве исходной информации для расчета выбросов использованы производственно-статистические данные о деятельности: количество сожженного топлива, израсходованного сырья, произведенной продукции и т. д. Основными источниками информации явились издания и отчеты Национального статистического комитета Республики Беларусь. Также использованы материалы Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, РУП «БелНИЦ «Экология», МЧС, а также других организаций и ведомств, получаемые по запросу.

Несмотря на постоянное обновление Руководства ЕМЕП, в нем по-прежнему сохраняется достаточно много пробелов. В первую очередь отсутствует учет технологической специфики стран ВЕКЦА (например, из последних версий Руководства исключена такая категория источников как вагранки), отсутствуют векторы удельных показателей выбросов. Использование методологии, изложенной в Руководстве, осложняется несоответствием классификаторов. В частности, требуется перераспределение данных о деятельности из национального классификатора ОКЭД в классификатор источников выбросов НПО Руководства.

Результаты инвентаризации выбросов загрязняющих веществ. Основные загрязняющие вещества. Согласно выполненной оценке, в 2017 г. в атмосферный воздух поступило 381,2 тыс. т оксида углерода, 143,4 тыс. т оксидов азота и 48,3 тыс. т диоксида серы. Выбросы данных загрязняющих веществ обусловлены в первую очередь процессами сжигания топлива. К основным источникам выбросов оксида углерода и оксидов азота относятся мобильные источники, вклад которых в 2017 г. был более 40%. Причем если для оксида углерода он приходится в основном на дорожный транспорт, то для оксидов азота доля дорожного и внедорожного транспорта сопоставима (рисунок 1). Также значительным источником выбросов данных загрязняющих веществ выступает стационарное сжигание топлива: для оксида углерода 37 % выбросов обусловлено сжиганием топлива в жилом секторе, для оксидов азота около 17 % от сжигания топлива в энергетике. Основным источником диоксида серы являются процессы нефтепереработки (37%) и сжигания топлива при производстве нефти (25%), а также энергетика (10%). За последние три года наблюдается снижение выбросов основных загрязняющих веществ, так объем поступления оксидов азота снизился на 1,4%, оксида серы – 15,4%.

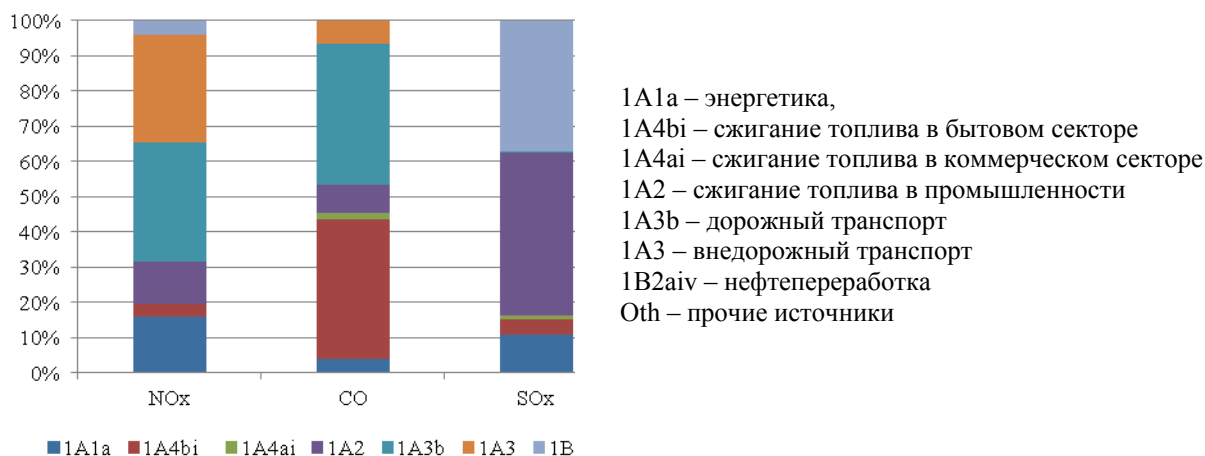
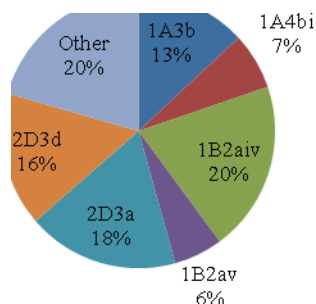


Рисунок 1 – Структура выбросов основных загрязняющих веществ

НМЛОС. Согласно выполненной оценке выбросы НМЛОС в 2017 г. составили 143,3 тыс. т. к. основным источникам поступления летучих органических соединений относятся – нефтепереработка (20 % от валовых выбросов), бытовое использование растворителей (18 %), нанесение различных покрытий в промышленности (16%), передвижные источники (13%) (рис. 2).



1A3b – передвижные источники,
 1A4bi – сжигание топлива в бытовом секторе
 1B2aiv – нефтепереработка
 1B2av – распределение нефтепродуктов
 2D3a – бытовое использование растворителей
 2D3d – нанесение покрытий в промышленности
 Oth – прочие источники

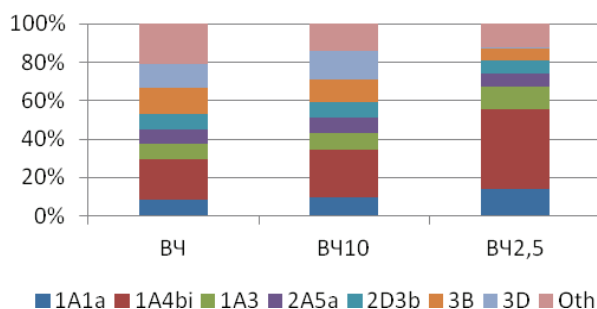
Рисунок 2 – Структура выбросов НМЛОС в 2017 г.

Аммиак. Оценка выбросов с помощью методологии ЕМЕП позволила существенно дополнить статистические данные о выбросах, в которых не учитываются выбросы от небольших сельскохозяйственных предприятий и домашних хозяйств, на которых содержится более 50% поголовья КРС [3]. Так, согласно данным Национального статистического комитета, выбросы аммиака на территории Беларуси составили 27,3 тыс. т, в то время как по расчетам 137,8 тыс. т. Основным источником поступления аммиака, согласно полученным данным, является сельское хозяйство: 52 % выбросов данного загрязняющего вещества поступает от процессов, связанных с животноводческими отходами, половина из них обусловлена внесением навоза в качестве удобрения на поля, оставшаяся часть – содержанием животных и хранением навоза. В отличие от основных загрязняющих веществ выбросы аммиака с 2015 г. выросли на 13,4 %.

ВЧ. По данным статистического учета, в 2017 г. в атмосферный воздух было выброшено 50,7 тыс. т взвешенных частиц и 0,4 тыс. т черного углерода (ЧУ). В настоящее время в официальных данных национальной статистики нет оценок выбросов ВЧ10 и ВЧ2,5, статистикой не учитываются такие важные источники поступления ВЧ как сжигание топлива в бытовом секторе, сжигание отходов, лесные пожары, невыхлопные выбросы от передвижных источников.

Ежегодно в ЕЭК ООН представляются данные о выбросах ВЧ с учетом дисперсного состава: ВЧ, ВЧ10 и ВЧ2,5. Начиная с 2017 г. предоставляются также оценки выбросов черного углерода.

Согласно результатам оценки по методологии Руководства ЕМЕП/ЕЕА, в 2017 г. в Беларуси было выброшено суммарно 75,0 тыс. т взвешенных частиц, в том числе 59,2 т ВЧ10 и 34,8 т ВЧ2,5, а также 4,1 тыс. т ЧУ. Основным источником выбросов взвешенных частиц является сжигание топлива в бытовом секторе, от которого в 2017 г. в атмосферный воздух поступило 24 % ВЧ, 27 % ВЧ10, 44 % ВЧ2,5 и 36 % ЧУ. Значительным источником выбросов ВЧ (всех фракций кроме ВЧ2,5 и ЧУ) является сельское хозяйство (рисунок 3). Так как ЧУ поступает в окружающую среду в результате сжигания топлива, то транспорт, работающий на дизельном топливе также относится к ключевым источникам данного загрязняющего вещества.



1A1a – энергетика,
 1A4bi – сжигание топлива в бытовом секторе
 1A3 – передвижные источники
 2A5a – добыча полезных ископаемых
 3B – животноводство
 3D – растениеводство
 2D3b – покрытие дорог асфальтом
 Oth – прочие источники

Рисунок 3 – Структура выбросов ВЧ с учетом дисперсного состава в 2017 г.

Тяжелые металлы. Выполненная оценка показала, что суммарное поступление тяжелых металлов в атмосферный воздух в 2017 г. в Беларуси оценивается в 102,3 т, включая 70,5 т цинка, 18,7 т никеля, 8,0 т свинца и 3,1 т меди. Промышленность является основным источником поступления тяжелых металлов в атмосферный воздух. Ряд металлов поступает в окружающую среду от процессов сжигания топлива в промышленности (мышьяк, хром, никель), ряд от технологических процессов при производстве цемента (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк), стекла (свинец, мышьяк), чугуна и стали (свинец, кадмий, мышьяк, хром, медь и цинк). Также к значительным источникам поступления тяжелых металлов относится сжигание топлива в бытовом секторе (мышьяк, медь и хром), в энергетике (ртуть, медь и никель). Около 25 % меди и 17 % хрома поступает от дорожного транспорта и 15% ртути от сжигания отходов (рисунок 4).

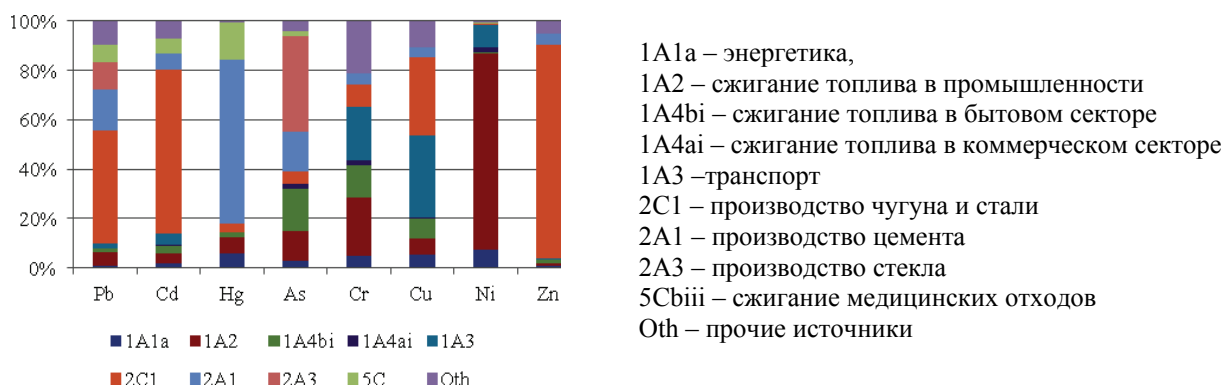


Рисунок 4 – Структура выбросов тяжелых металлов в 2017 г.

СОЗ. В 2017 г. суммарное поступление диоксинов/фуранов в атмосферный воздух в Беларуси оценивается в 42,7 г ЭТ. Основными источниками выбросов диоксинов/фуранов является сжигание отходов, производство чугуна и стали и стационарное сжигание топлива в бытовом секторе. Доля процессов сжигания промышленных отходов в валовых выбросах данных СОЗ составляет 43 %, на медицинские отходы приходится 23 %.

Суммарное поступление в атмосферный воздух четырех рассматриваемых ПАУ в 2017 г. составило 28,0 т, включая 6,7 т бензо(а)пирена. Основной источник поступления ПАУ в атмосферу – категория «Стационарное сжигание топлива в жилом секторе» (около 80 % валовых выбросов). Также к значительным источникам поступления ПАУ в атмосферу относится транспорт (11%).

По результатам оценки для основных категорий источников выбросы ПХБ в Беларуси в 2017 г. составили 9,1 кг, ГХБ – 1,4 кг. Также как и для диоксинов/фуранов основным источником поступления ГХБ в атмосферу выступают процессы сжигания отходов (59%). К ключевым категориям также относятся передвижные источники, доля которых может достигать 30 % от валовых выбросов.

Основные источники выбросов ПХБ относятся к категории «Производство чугуна и стали», их общий вклад в валовые выбросы в 2017 г. оценивается в 96% (рис. 5).

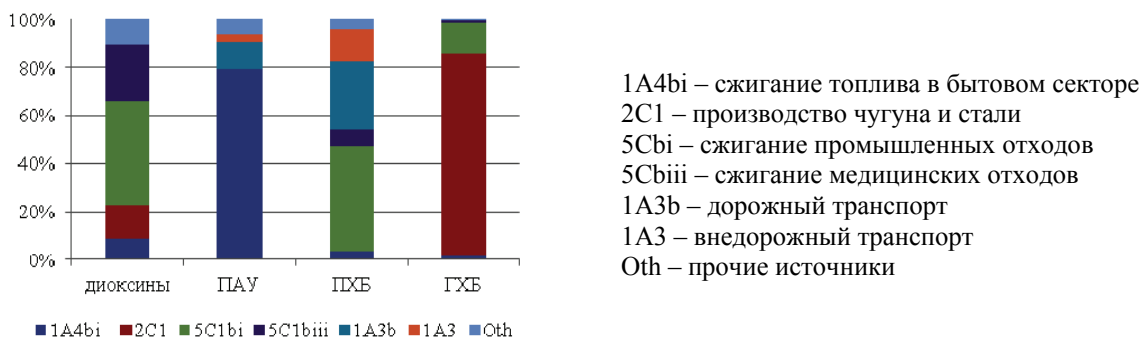


Рисунок 5 – Структура выбросов СОЗ в 2017 г.

Таким образом, в соответствии с заданием выполнен анализ и обработка производственно-статистической информации для подготовки национальных данных о выбросах загрязняющих веществ за 2015–2017 гг., подготовлены национальные данные о выбросах загрязняющих веществ за 2015–2017 гг. в необходимом формате для представления в ЕЭК ООН. Полученные оценки, совместно с оценками других стран, полученными с использованием единой методологической основы, используются для моделирования переноса загрязняющих веществ, атмосферных осадений и воздействия на окружающую среду и здоровье.

Список использованных источников

1. Руководящие принципы оценки и представления данных о выбросах, подготовленные Целевой группой по кадастрам и прогнозам выбросов и секретариатом. Экономический и социальный Совет. Европейская экономическая комиссия, 2013. ECE/EB.AIR/125. – 19 с.
2. Руководство по инвентаризации атмосферных выбросов ЕМЕП/ЕЕА, 2013.
3. Какарека, С.В Аммиак в атмосферном воздухе: источники поступления, уровни содержания, регулирование / С.В. Какарека, А.В. Мальчихина. – Минск: Беларуская навука, 2016. – 253 с.

УДК 502.3:621.311.23

Д.В. Мелех, И.П. Наркевич
РУП «Бел НИЦ «Экология»

РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Республика Беларусь, являясь странной с переходной экономикой наряду с развитыми странами, входит в Приложении I к Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН) [1], что означает принятие на себя конкретных обязательств:

- проведение национальной политики и принятие соответствующих мер по смягчению последствий изменения климата путем ограничения своих антропогенных выбросов парниковых газов и защиты и повышения качества своих поглотителей и накопителей парниковых газов;
- представление на периодической основе подробной информации о своей политике и мерах, сказанных выше, а также о прогнозируемых в связи с ними антропогенных выбросах из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом [2].

Учитывая, что конечная цель РКИК ООН (и всех связанных с ней правовых документов, которые может принять Конференция Сторон) заключается в том, чтобы добиться стабилизации концентраций парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему для расширения юридических обязательств по сокращению выбросов был принят Киотский протокол (КП), который стал первым глобальным соглашением об охране окружающей среды [3], основанным на рыночном механизме регулирования – механизме международной торговли квотами на выбросы парниковых газов.

Однако, для того чтобы Республика Беларусь преуспела на международном рынке углеродных единиц в качестве продавца, были значительные международно-правовые препятствия. Согласно статье 17 КП, обязательное условие для проведения углеродных сделок это признание установленного количества выбросов для Республики Беларусь, закрепленного в международном климатическом соглашении и внесенного в приложение В к Киотскому протоколу поправкой, принятой в Найроби 17 ноября 2006 г. Эту поправку не ратифицировало необходимое количество сторон, а значит, она не имела юридической силы.

В ходе 21-ой Конференции Сторон взамен КП было принято Парижское соглашение 12 декабря 2015 г. Вступление в силу Парижского соглашения ожидается в 2020 г.

Как и КП принятое взамен его Парижское соглашение направлено на усиление цели РКИК ООН. В отличие от КП в Парижском соглашении показатели для снижения выбросов ПГ определяются каждой стороной самостоятельно, путем представления в секретариат РКИК ООН национально определяемых вкладов, которые являются неотъемлемой частью Парижского соглашения, при этом каждый последующий национально-определяемый вклад должен быть более амбициозным чем предыдущий, т.о. помимо обязательств по сокращению выбросов ПГ появятся обязательства по наращиванию абсорбции.

Соглашение не содержит конкретных схем по ограничению эмиссии парниковых газов, и государства могут самостоятельно выбирать способы решения этой задачи, однако в любом случае для выполнения обязательств по климатическим соглашениям необходимо проведение инвентаризации выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, что в настоящее время выполняется в Республике Беларусь путем составления ежегодных кадастров.

Инвентаризации выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов осуществляется агрегировано, в разрезе целой страны, по 4-м секторам: «Энергетика», «Промышленные процессы и использование продуктов» («ППИП»), «Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования» («СХЛХДВЗ») и «Отходы». Существует некоторые международных механизмы и системы, требующие оценки выбросов парниковых непосредственно от предприятий:

– Механизм торговли квотами на выбросы ПГ;

– Механизм чистого развития (CDM – Clean Development Mechanism). В рамках Механизма чистого развития проекты по сокращению выбросов в развивающихся странах могут получить сертифицированные кредиты по сокращению выбросов. Эти кредиты могут быть использованы промышленно развитыми странами для достижения части своих целей по сокращению выбросов;

– Системы мониторинга, отчетности и верификации (MRV – Monitoring, Reporting and Verification) выбросов ПГ. В соответствии с РКИК ООН системы MRV используются для измерения сокращений и абсорбции выбросов парниковых газов поглотителями, в том числе в результате осуществления соответствующих национальных мер по смягчению последствий.

– Проект по раскрытию информации о выбросах углерода (CDP – Carbon Disclosure Project) направлен на то чтобы предприятия всего мира измеряли, управляли, раскрывали и в конечном итоге сокращали свои выбросы ПГ.

В настоящее время в Республике Беларусь нет утвержденных методик оценки выбросов ПГ непосредственно от полного технологического цикла предприятий. Необходимость в таких методиках уже испытываются предприятия, продающие свою продукцию развитым странам, т. к. там есть соответствующие требования к поставщикам.

Целесообразно разделить оценку выбросов ПГ предприятия на 3 категории:

1) Это прямые выбросы парниковых газов из источников, принадлежащих или контролируемых предприятием;

2) Эти выбросы физически не происходят в пределах границ отчетности предприятия, поэтому являются «косвенными» выбросами. Выбросы из категории 2 вызваны потреблением предприятием электроэнергии, тепла или пара;

3) Косвенные выбросы предприятия, отличные от входящих в категорию 2. Они происходят из источников, которые не принадлежат предприятию и не контролируются им, но происходят в результате его деятельности (закупаемые товары и услуги, отходы, поездки и пр.).

Методика оценки выбросов ПГ для категории 1 зависит от вида/видов экономической деятельности предприятия, используемой в конкретном производстве технологии и сырья. Поэтому оценка выбросов по категории 1 для каждого предприятия должна осуществляться индивидуально с детальной инвентаризацией источников выбросов. Разработка методики оценки выбросов ПГ для категории 1, учитывая многообразие предприятий и видов их экономической деятельности, должна выполняться последовательно с определением приоритетности.

В целях определения выбросов ПГ для категории 3 целесообразно использовать расчеты предприятий-поставщиков товаров или услуг (кол-во выбросов ПГ в CO₂экв. на единицу продукции, единицу пути и т. д.), т. к. не учитывая деталей технологии производства продукции и/или предоставления услуги, расчеты получатся весьма приблизительными.

Для определения выбросов ПГ предприятием в категории 2 достаточно иметь сведения о количестве потребленной энергии (тепла, электроэнергии, пара). Далее к количеству потребленной энергии необходимо применить коэффициенты выбросов и методику МГЭИК используемые при подготовке кадастров ПГ.[4]

Согласно топливно-энергетическому балансу Республики Беларусь за 2017 год, более 90% электрической и тепловой энергии произведено из природного газа (рис. 1). Доля электроэнергии произведенной из ВИЭ составляет более 1,71% от общего количества произведенной электроэнергии. Таким образом основным видом топлива в Беларуси является природный газ.

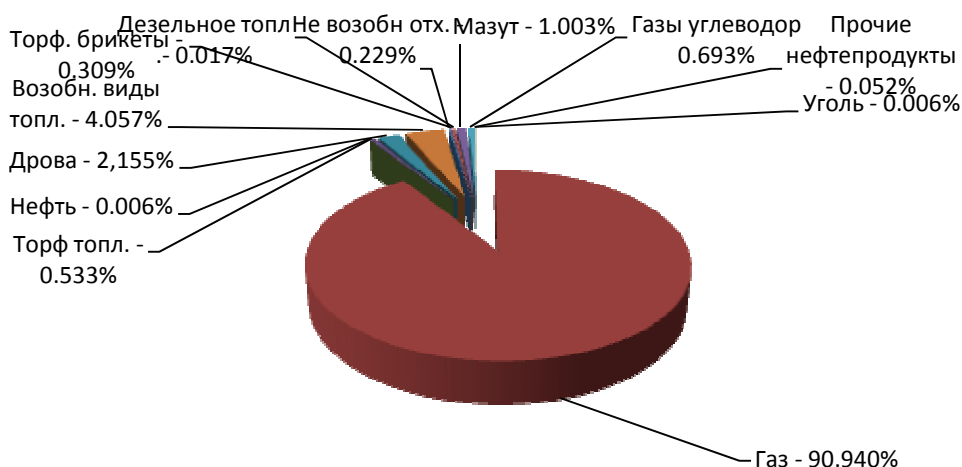


Рисунок 1 – Потребление топлива для производства тепловой и электрической энергии в 2017 году

Рассмотрим пример расчета выбросов ПГ при производстве электрической и тепловой энергии, который выполняется по формуле:

$$\text{Выбросы} = \sum EF \cdot AD / 1000000$$

где EF – коэффициент эмиссии, кг/ ТДж; AD – потребление топлива в энергетических единицах (ТДж).

В 2017 году потреблено 459 394,53 ТДж природного газа для производства тепловой и электрической энергии, 56100 кг CO₂/ТДж – коэффициент выбросов. Таким образом выброс CO₂ от сжигания природного газа на тепловых станциях составил – 25 772,03 тыс. тонн.

Следующим по количеству потребления для производства тепловой и электрической энергии видом углеродного топлива, после возобновляемых видов топлива является мазут (рис 1). Коэффициенты выбросов ПГ от сжигания мазута: 77 400 кг CO₂/ТДж; 3кг CH₄/ТДж; 0,6 кг N₂O/ТДж. При этом следует учитывать, что метан и закись азота обладают значительно большим потенциалом глобального потепления в отличии от углекислого газа: CH₄ – 25, N₂O – 298. В 2017 году потреблено 4 858,88 ТДж мазута для производства тепловой и электрической энергии, следовательно выброс ПГ составил: CO₂ – 376,08 тыс. тонн, CH₄ – 0,0146 тыс. тонн (0,3650 тыс. тонн CO₂ эквивалента), N₂O – 0,0029 тыс. тонн (0,8642 тыс. тонн CO₂ эквивалента).

Выбросы ПГ в секторе «Энергетика» при подготовке ежегодных кадастров Республики Беларусь самые значительные и составляют как правило более 60% общенациональных выбросов без учета сектора «Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды земле-

пользования», так в 2017 году доля сектора «Энергетика» составила 61,42%. К сектору «Энергетика» относятся выбросы ПГ от сжигания ископаемых видов топлива по следующим основным категориям: «Энергетическая промышленность», «Промышленность и строительство» и «Транспорт».

Энергетическая составляющая присутствует в деятельности абсолютно всех предприятий, для многих предприятий она самая существенная, учитывая что к ней относится сжигание ископаемых видов топлива. Выбросы ПГ от транспорта рассчитываются по формуле:

$$\text{Выбросы} = \text{топливо} \times \text{низшая теплотворная способность} \times \text{коэффициент выбросов} / 10^6$$

Согласно топливно-энергетическому балансу Республики Беларусь в 2017 году отпущено населению 604 тыс. тонн дизельного топлива, низшая теплотворная способность – 42,58 ТДж/тыс. тонн, коэффициенты выбросов – 74 100кг CO₂/ТДж; 3,9кг CH₄/ТДж; 3,9 кг N₂O/ТДж. Следовательно выброс ПГ составил: CO₂ – 1 905,73 тыс. тонн, CH₄ – 0,100301448 тыс. тонн (2,5075362 тыс. тонн CO₂ эквивалента), N₂O – 0,100301448 тыс. тонн (29,8898315 тыс. тонн CO₂ эквивалента).

Таблица 1 – Коэффициенты выбросов ПГ от сжигания основных топлив используемых транспортом

Вид топлива	Низшая теплотворная способность (ТДж/Gg)	Коэффициент выбросов (kg CO ₂ /TJ)		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Бензин	44,30	69300	25	8
Дизельное топливо	37,96	77400	3	0,6
Природный газ	33,53	56100	1	0,1
Керосин	44,10	71500	0,5	2

Выводы. В связи с принятием Парижского соглашения и взятых обязательств по сокращению выбросов ПГ, растут требования к предприятиям со стороны правительства и иностранных коллег по сокращения количества выбрасываемых ПГ. Шагом для реализации предъявляемых требований послужит проведение предприятием инвентаризации ПГ.

В настоящее время в Республике Беларусь нет утвержденных методик по оценки выбросов ПГ от полного технологического цикла предприятия.

Сектор «Энергетика» включает не менее 60% общенациональных выбросов ПГ, поэтому создание методики по оценки выбросов ПГ от предприятий следовало бы начать энергетической составляющей.

Список использованных источников

1. Об одобрении Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата: Указ Президента Респ. Беларусь, 10 апр. 2000 г., N 177 // ИБ "Консультант Плюс: Беларусь" [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

2. Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций "Об изменении климата": [заключена 9 мая 1992 г. в Нью-Йорке] // ИБ "КонсультантПлюс: Беларусь" [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

3. О присоединении Республики Беларусь к Киотскому протоколу к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата: Указ Президента Респ. Беларусь, 12 авг. 2005 г., N 370 // ИБ "КонсультантПлюс: Беларусь" [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

4. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. – МГЭИК, 2006.

5. Топливо-энергетический баланс Республики Беларусь за 2017 год. – Национальный статистический комитет Республики Беларусь.

КЛИМАТ БЕЛАРУСИ В 21 СТОЛЕТИИ. АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ ИЗМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

В Национальном научно-исследовательском центре мониторинга озоносферы (ННИЦ МО) длительное время ведутся исследования климатологии приземного озона. Известно, что на концентрацию приземного озона существенное влияние оказывают метеорологические условия. В связи с этим была поставлена задача определения климатических норм и многолетних трендов ряда метеорологических параметров, в наибольшей степени влияющих на наблюдаемую концентрацию приземного озона. Для решения задачи были обработаны данные наблюдений метеорологических станций за период 1985 – 2015 гг., расположенных во всех областных центрах Беларуси, и определены динамические климатические нормы [1-3] температуры воздуха, скорости ветра, влажности и облачности. Ниже представлены основные результаты исследования.

Температура воздуха. Климат Беларуси относится к типу умеренно континентального. Несмотря на произошедшие некоторые изменения, основные выводы В.Ф. Логинова [4] о температурном режиме регионов остаются справедливыми и в настоящее время. Самые низкие зимние температуры фиксируются в Могилеве и Витебске, немного теплее в Минске и Гомеле, еще теплее в Гродно (рис. 1). Самый теплый город зимой – Брест. Нормы 2015 года для зимнего периода несколько повысились, самым холодным городом зимой по-

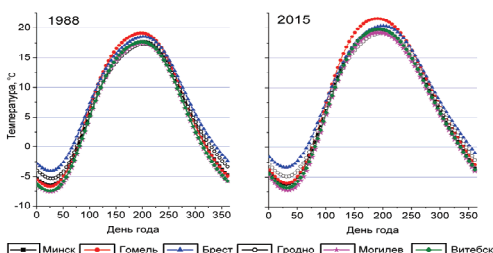


Рис. 1. Годовой ход нормы среднесуточных температур в разных регионах в 1988 и 2015 гг.

Могилеве норма температуры весной стабилизировалась, а в Бресте заметна тенденция снижения температуры. Летом рост также практически прекратился всюду к 2015 г. за исключением Гомеля и Витебска. В осенний сезон тренды нормы температуры в течение

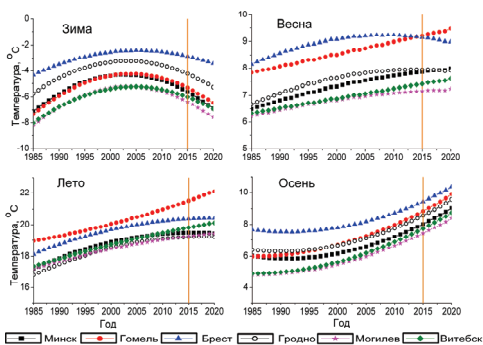


Рис. 2. Многолетние тренды среднесуточных температур в регионах Беларуси. Вертикальная черта отделяет область прогноза

прежнему является Могилев. Весна самая теплая в Бресте и Гомеле. К 2015 году повсеместно весенние температуры увеличились на 0,5 – 1°C. Лето теплее всего в Гомеле, несколько прохладнее в Бресте. Осень самая холодная в 1988 году в Могилеве и Витебске. К 2015 году самым теплым городом осенью после Бреста стал Гомель, немного холоднее в Гродно.

Время теплых зим, наблюдавшихся в период смены столетий (рис. 2), закончилось, и нормы зимних температур снижаются, хотя и не достигли уровня 1985 г. Весной рост температур сохранился только в Гомеле, Минске и Витебске, в Гродно и Могилеве норма температуры весной стабилизировалась, а в Бресте заметна тенденция снижения температуры. Летом рост также практически прекратился всюду к 2015 г. за исключением Гомеля и Витебска. В осенний сезон тренды нормы температуры в течение всего периода во всех регионах положительны.

Скорость ветра. Хорошо заметно (рис. 3) повсеместное снижение скорости. Это снижение началось в 70-х годах прошлого века и сохраняется до настоящего времени [4]. Годовой минимум скорости ветра во всех регионах в начале рассматриваемого периода приходится на июль-август. К концу анализируемого периода минимум сдвигается к началу осени. Все наблюдения проведены в городах, и это обстоятельство следует учитывать при попытке распространения результатов на прилегающие регионы.

Самая высокая норма скорости ветра в 1988 году (3,3-4,8 м/с) получена для Могилева и Гродно. Близкий годовой ход нормы характерен также для Мин-

ска и Бреста, однако скорость ветра там заметно ниже – 2–3 м/с. В Гомеле норма годового хода существенно отличается от других областей и имеет максимум скорости ветра в мае 1988 г. около 3.5 м/с. К 2015 г. эта особенность стала менее выраженной.

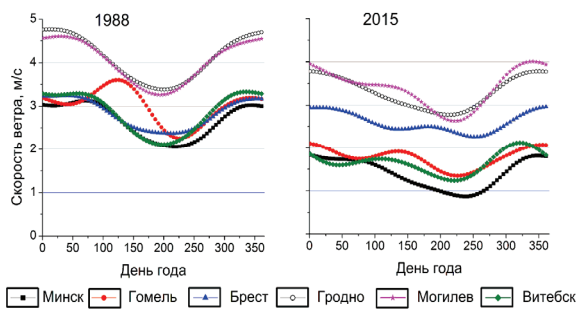


Рис. 3. Годовой ход нормы среднесуточной скорости ветра в 1988 и 2015 годах для разных регионов

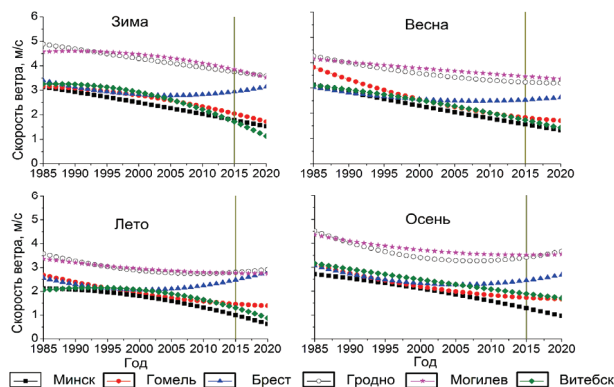


Рис. 4. Многолетние тренды среднесуточной скорости ветра в различных регионах в зависимости от сезона. Вертикальная черта отделяет область прогноза

Падение с годами скорости ветра зимой и весной происходит всюду, кроме Бреста, для которого в последние годы характерен рост (рис. 4). Летом и осенью в Минске, Гомеле и Витебске наблюдается снижение скорости, в Гродно и Могилеве снижение прекратилось, в Бресте продолжается рост.

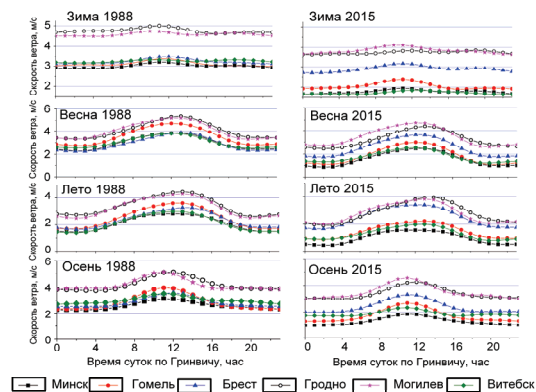


Рис. 5. Суточный ход нормы скорости ветра в различные сезоны для регионов Беларуси в 1988 и 2015 годах

скорости ветра повсеместно. Наименее существенное – в Гродно, Могилеве и Бресте.

Влажность воздуха. Вид кривых годового хода абсолютной влажности, приведенных на рис. 6, аналогичен годовому ходу температуры, но не совпадает с ним. Заметно, что к 2015 году влажность повсеместно, за исключением Бреста, в летний период возросла. Самый «сухой» город летом сейчас – Брест, в остальных городах влажность приблизительно одинакова. Зимой во всех регионах влажность прошла через максимум в начале нынешнего столетия и продолжает повсеместно снижаться, что коррелирует с тенденцией уменьшения зимних температур. Весной изменения за тридцатилетний период не-

Максимум скорости ветра приходится на послеполуденное время во все сезоны с незначительными вариациями (рис. 5). Зимой суточный ход нормы скорости ветра практически отсутствует. Повсеместно скорость ветра к 2015 году в зимний сезон понизилась. Весной заметно снижение, особенно сильное в Минске и Гомеле, и совсем слабое в Бресте. Летом за тридцатилетний период в Гродно и Могилеве произошли незначительные изменения, в Бресте отмечается рост скорости ветра, а в Гомеле, Минске и Витебске – падение. Для осени характерно уменьшение нормы

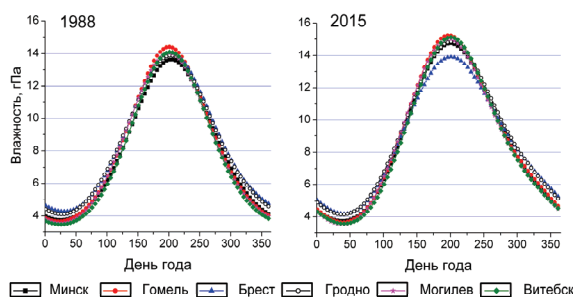


Рис. 6. Годовой ход нормы среднесуточной абсолютной влажности в разных регионах в 1988 и 2015 годах

значительны, а летом всюду, кроме Бреста и Гомеля, влажность продолжает расти, что также согласуется с продолжающимся увеличением летних температур. Гомель сохранил свое лидерство по величине влажности в летний период, однако к настоящему времени рост влажности прекратился. В Бресте заметна сильная тенденция к продолжающемуся снижению влажности летом. Осенью во всех регионах влажность увеличивается.

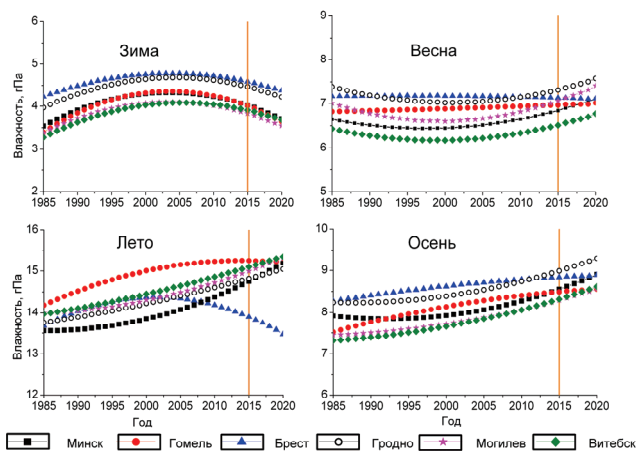


Рис. 7. Многолетние тренды среднесуточной абсолютной влажности в регионах Беларуси. Вертикальная черта отделяет область прогноза

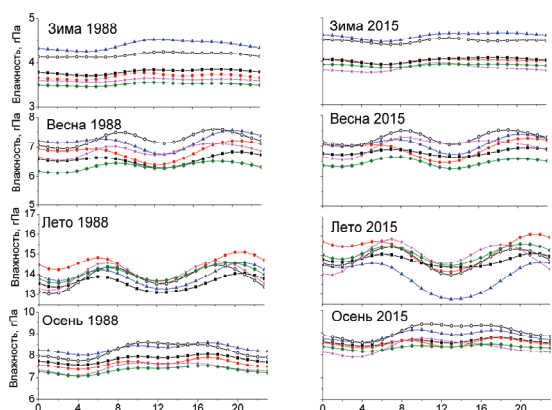


Рис. 8. Суточный ход нормы абсолютной влажности воздуха в 1988 и 2015 годах в разных регионах

булентного перемешивания в планетарном пограничном слое атмосферы вследствие разогрева земной поверхности.

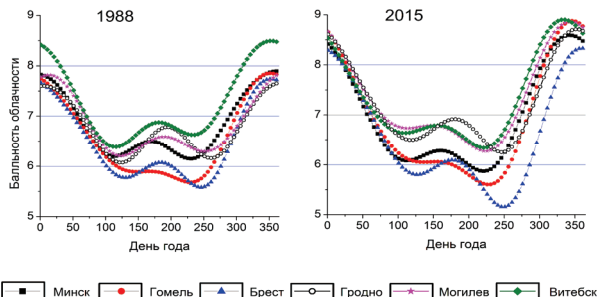


Рис. 9. Годовой ход нормы среднесуточной облачности в 1988 и 2015 годах для разных регионов

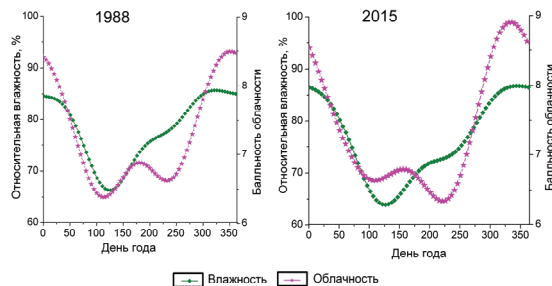


Рис. 10. Нормы годового хода относительной влажности и облачности в 1988 и 2015 годах для г. Витебска

Зимой (рис. 7) во всех регионах влажность прошла через максимум в начале нынешнего столетия и продолжает повсеместно снижаться, что коррелирует с тенденцией уменьшения зимних температур. Весной изменения за тридцатилетний период незначительны, а летом всюду, кроме Бреста и Гомеля, влажность продолжает расти, что также согласуется с продолжающимся увеличением летних температур. Гомель сохранил свое лидерство по величине влажности в летний период, однако к настоящему времени рост влажности прекратился. В Бресте заметна сильная тенденция к продолжающемуся снижению влажности летом. Осенью во всех регионах влажность увеличивается.

Суточный ход влажности (рис. 8) незначителен, составляет чаще всего не более 0.5 гПа и определяется конкуренцией двух процессов – степени нагрева земной поверхности, ответственной за интенсивность испарения влаги, и эффективности термической конвекции, ответственной за унос пара в более высокие слои тропосферы и снижение влажности в приземном воздухе. В суточном ходе влажности наблюдаются два минимума – утренний и послеполуденный. Первый обусловлен малой интенсивностью испарения в холодные утренние часы, второй – повышением эффективности вертикального турбулентного перемешивания в планетарном пограничном слое атмосферы вследствие разогрева земной поверхности.

Облачность. Обычно максимум облачности наблюдается в зимнее время (рис. 9), однако имеется также и второй менее интенсивный максимум, приходящийся на первые два месяца лета. В [3] показано, что предшествующий летнему максимуму облачности ее минимум обусловлен регулярно повторяющимся в конце весны минимумом относительной влажности, в связи с приходом воздушных масс морского происхождения, содержащих меньше влаги [4]. Рисунок 10 иллюстрирует сказанное на примере г. Витебска.

Интересной особенностью является также существенное снижение облачности в конце лета – начале осени к 2015 году в Минске и особенно в Бресте.

Заключение. Полученные результаты согласуются с полученными ранее данными [4], однако детализируют региональные особенности и их изменения в течение тридцатилетнего периода. Отдельный интерес представляют особенности поведения метеопараметров в течение рассматриваемого периода и прогноз их изменения в ближайшем будущем. В частности, следует отметить прохождение климатической нормы зимних температур через максимум при смене столетий, а также продолжающийся рост норм летних и осенних температур. Подтверждается также продолжение снижения нормы скорости ветра, пожалуй, за исключением Бреста. Анализ причин такого поведения климата страны весьма сложен и, скорее всего, связан с изменениями глобального климата планеты.

Результаты статистической обработки тридцатилетних рядов наблюдений за абсолютной влажностью в регионах Республики указывают на то, что зимой влажность в настоящее время повсеместно снижается после максимума, произошедшего на рубеже столетий. Летом влажность продолжает расти всюду, кроме Бреста и Гомеля.

Исследованы особенности сезонного и суточного поведения облачности в регионах за рассматриваемый период. Облачность оказывает определяющее влияние на фотохимическую активность солнечного излучения в приземном слое атмосферы, управляющего совокупностью взаимопревращений естественных и антропогенных загрязнителей атмосферы.

Заметное снижение облачности произошло в Бресте. Показано, что наблюдаемый повсеместно в конце весны минимум облачности обусловлен соответствующим минимумом относительной влажности в этот период.

Список использованных источников

1. Людчик, А.М. Динамические климатические нормы и многолетние тренды метеопараметров для г. Минска / А.М. Людчик, В.И. Покаташкин, Е.В. Комаровская // Природные ресурсы. – 2016. – № 1. С. 64–71.
2. Людчик, А.М. Региональные особенности климата Беларуси и их изменение в последние десятилетия. I: температура и скорость ветра / А. М. Людчик, В. И. Покаташкин, В. Я. Венчиков // Природные ресурсы. – 2017. – №1. – С. 75-82.
3. Людчик, А.М. Региональные особенности климата Беларуси и их изменение в последние десятилетия. II: Влажность воздуха и облачность / А. М. Людчик, С. Д. Умрейко // Природные ресурсы. – 2017. – № 2. – С. 83–89.
4. Климат Беларуси / под ред. В.Ф. Логинова, Мн., 1996. 234 с.

УДК 504.75

В.М. Конькова, И.П. Наркевич
РУП «Бел НИЦ «Экология»

ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В СЕКТОРЕ «ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ, ИЗМЕНЕНИЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО»

Введение. Начиная с 2006 года, в Республике Беларусь ежегодно проводится инвентаризация выбросов парниковых газов в рамках подготовки Государственного кадастра ан-

тропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов. Кадастр выбросов парниковых газов (далее – ПГ) ведется в целях исполнения обязательств Республики Беларусь по Рамочной конвенции ООН об изменении климата (далее – РКИК ООН) и последующего представления его в Секретариат Конвенции. Теоретическая и практическая значимость исследований состоит в том, что методология и практика инвентаризации парниковых газов, разработка научно-обоснованного подхода к методам оценки объемов выбросов парниковых газов будут способствовать повышению качества их инвентаризации, совершенствованию и дальнейшему развитию методов оценки парниковых газов и повышению качества кадастра выбросов ПГ.

Инвентаризация выбросов ПГ представляет собой сбор, структурирование, анализ, обобщение и архивирование всех данных, необходимых для оценки или измерения фактических антропогенных выбросов ПГ от источников, включая подготовку методологического процесса проведения инвентаризации, находящихся в собственности у юридического лица [1].

В соответствии со своими полномочиями РУП «Бел НИЦ «Экология», на основании Приказа Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды от 29 декабря 2005 г. № 417 «О центре инвентаризации парниковых газов», готовит запросы о предоставлении необходимой информации по установленной форме, которые, в свою очередь, Минприроды направляет в соответствующие органы государственного управления и иные организации. На основании полученных данных РУП «Бел НИЦ «Экология» разрабатывает ежегодный кадастр ПГ и другие документы, необходимые для предоставления в Секретариат РКИК ООН [2].

Государственный кадастр ПГ состоит из Национального доклада о государственном кадастре ПГ Республики Беларусь (далее – НДК) и таблиц общего формата данных для последующего представления в Секретариат РКИК ООН [2].

НДК Республики Беларусь перед отправкой в Секретариат РКИК ООН проверяется независимыми национальными экспертами, а также проходит контроль и одобрение различными органами Минприроды [2].

Инвентаризация ПГ Республики Беларусь осуществляется в соответствии с обновленными требованиями, изложенными в Руководящих принципах национальных инвентаризаций ПГ Межправительственной группы экспертов по изменению климата ООН (далее – МГЭИК) 2006 года и при использовании обновленной версии программного обеспечения CRF Reporter [2].

Объекты и методы исследования. *Категории землепользования.* В целях обеспечения прозрачности, сопоставимости и полноты охвата известных источников и поглотителей, Руководящие принципы национальных инвентаризаций ПГ МГЭИК выделяют следующие категории землепользования, также согласно национальному законодательству проведено сопоставление земельных категорий МГЭИК и видов земель Республики Беларусь:

- Лесные площади: включают в себя как лесные земли, так и земли под древесно-кустарниковой растительностью (насаждениями);
- Возделываемые земли: включают пахотные земли и земли под постоянными культурами;
- Пастбищные угодья: залежные и луговые земли;
- Водно-болотные угодья: земли под болотами и земли под водными объектами;
- Поселения: земли под дорогами и иными транспортными коммуникациями, земли общего пользования и земли под застройкой;
- Прочие земли: нарушенные земли, неиспользуемые земли и иные земли.

Каждая категория землепользования подразделяется на земли, остающиеся в той же категории и земли, переустроенные из одной категории в другую. Страны могут выбрать дальнейшую стратификацию земель в каждой категории по климатическим и иным экологическим регионам в зависимости от выбранного метода и своих требований.

Категории земель, установленные в пределах Республики Беларусь, не имеют полного соответствия с категориями МГЭИК. Каждая категория земель Республики Беларусь в значительной степени отражает ведомственную принадлежность земель и включает в себя все виды земель.

Для проведения инвентаризации ПГ представление земельных площадей выполняется по подходу 2 с использованием классификации земель согласно Руководящих принципов [2].

Составной частью НДК является матрица преобразования земель, которая отражает изменения площадей лесных земель в результате естественного зарастания лесом и облесения сельскохозяйственных угодий, а также в результате обезлесения при строительстве объектов инфраструктуры [3].

В изменении структуры земельного фонда Республики Беларусь по видам земель за последние двадцать лет прослеживаются определенные тенденции. Наблюдается устойчивая многолетняя тенденция сокращения площади сельскохозяйственных земель и увеличения площади, занятой лесными землями и землями под древесно-кустарниковой растительностью. Начиная с 2014 г. общая площадь лесных земель превышает площадь сельскохозяйственных земель. В 2017 г. площадь лесных земель в республике составляет 42,2% и превышает площадь сельскохозяйственных земель на 1,1% [4].

Методы инвентаризации ПГ в секторе ЗИЗЛХ. В Руководящих принципах МГЭИК излагаются методологии для оценки изменений накопления углерода в двух основных пулах углерода: биомассе и органическом углероде почвы. В них упоминается мертвое органическое вещество как фактор, который следует учитывать в будущей работе по методам составления кадастров [5].

По отношению к методам используется трехуровневый подход. В общем, переход к более высоким уровням повышает точность кадастра и снижает неопределенность, однако, для более высоких уровней повышается также сложность и требуются большие ресурсы для составления кадастров [6].

Уровень 1. Методы этого уровня являются самыми простыми в использовании; соответствующие уравнения и значения параметров по умолчанию представлены в Руководящих принципах. Необходимы данные о деятельности на национальном уровне, однако для уровня 1 часто имеются источники оценочных данных о деятельности глобального уровня, хотя эти данные обычно отличаются грубым пространственным разрешением [6].

Уровень 2. В рамках этого уровня может использоваться тот же самый методологический подход, что и для уровня 1, но применяются коэффициенты выбросов и изменений запасов, основанные на данных для конкретной страны или конкретного района, для наиболее важных категорий землепользования [6].

Уровень 3. В рамках этого уровня используются методы более высокого порядка, включая модели и системы измерений для кадастров, адаптированные к конкретным национальным условиям, повторяющимся в ходе времени, а также применяются данные о деятельности высокого разрешения и разукрупнение до масштабов суб-национального уровня. Эти методы более высокого порядка позволяют получить оценочные значения с более высокой степенью достоверности, чем более низкие уровни [6].

Согласно Руководящим указаниям МГЭИК оценку стоков углерода и углеродного бюджета для сектора ЗИЗЛХ проводят для «управляемых лесов». Методология МГЭИК выделяет «управляемые леса» как территорию, где осуществляются систематическая антропогенная деятельность или вмешательство с целью выполнения соответствующих социальных, экономических и экологических задач [7].

В состав «управляемых лесов» Республики Беларусь, согласно НДК (2017) [2], входят все лесные земли.

Результаты и их обсуждения. Важным фактором, влияющим на расчетную величину накопления углерода лесами Беларуси, является выбор базового уравнения в расчетах: по разности запасов (как сейчас) или по среднему приросту запаса. Наставления МГЭИК допускают применение любого из расчетных методов, содержащихся в Руководящих указаниях, в зависимости от особенностей данных, имеющих в распоряжении [7].

Оценку депонирования углерода в Беларуси проводили разные авторы. Их данные различаются, что связано как с особенностями методического подхода, так и с изменениями запаса древесины в лесном фонде с течением времени. Депонирование углерода в мертвой древесине, подстилке, почвах и болотами в литературе освещено недостаточно [2].

Оценка запасов углерода может быть проведена разными методами: по пробным площадям или по данным о запасах и приростах древесины и фитомассы по учетам лесного фонда. Использование данных учета лесного фонда позволяет получить результаты быстрее и с наименьшими затратами, а точность этого метода часто бывает даже выше, чем экстраполяция материалов пробных площадей за пределы исследованных пород, классов бонитета, возраста и полноты. Поэтому для расчетов запаса углерода в древесине и фитомассе насаждений применяется методика, неоднократно апробированная другими авторами, т.е. использование материалов учета лесного фонда [2].

Все расчеты по балансу углерода и кадастру ПГ в лесах Республики Беларусь осуществляются с большой относительной неопределенностью (более 50 %) и требуют дальнейших исследований [7].

В 2017 году общая эмиссия парниковых газов в эквиваленте CO₂ без учета сектора ЗИЗЛХ составила 94118,86 Гг, что на 32,5 % ниже по сравнению с 1990 г. (139408,26) и на 2,6 % выше по сравнению с 2016 г..

За период 1990-2017 гг. выбросы диоксида углерода уменьшились на 40 %, закиси азота на 12,5 %, выбросы метана – на 10 % [2].

В секторе «ЗИЗЛХ» наблюдается снижение нетто-стоков по сравнению с 1990 г. на 37 %, что связано, главным образом, с уменьшением живой биомассы в лесном фонде, а также с уменьшением запасов углерода в почвах и резким изменением запасов углерода в мертвой биомассе лесов (таблица 1).

Таблица 1 – Выбросы и стоки ПГ в CO₂ экв. в секторе ЗИЗЛХ, гг.

Год	Выбросы и стоки ПГ в CO ₂ эквиваленте			
	Баланс	4 А Лесные земли	4 В Возделываемые земли	4 D Водно-болотные угодья
1990	-21104.96	-24271.45	3117.00	49.50
1995	-28909.51	-32452.13	3509.55	33.07
2000	-33242.76	-37399.40	4137.28	19.36
2005	-29144.17	-33031.46	3873.43	13.86
2010	-40126.39	-43844.03	3707.70	9.94
2015	-27409.57	-32656.28	5239.59	7.11
2017	-13300.71	-17637.38	4327.11	9.57
Тренд 1990–2017, %	-36.98	-27.33	38.82	-80.67

Сектор ЗИЗЛХ является нетто-стоком ПГ в Республике Беларусь. Наибольший вклад в поглощение ПГ вносит категория 4.А «Лесные земли», в частности подкатегория 4.А.1 «Лесные земли, остающиеся лесными землями». Уменьшение поглощения на 27.33 % по сравнению с 1990 г. Связано со значительным увеличением рубок в лесном секторе, а также с увеличением контролируемого сжигания биомассы. По сравнению с 2016 г. произошло уменьшение живой биомассы в лесном фонде Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь на 11.83 %, что в свою очередь привело к резкому снижению поглощения ПГ.

В данной категории оценивалось изменение запаса углерода в древесной биомассе, в валежной древесине, в подстилке и в минеральных почвах на покрытых лесом землях лесного фонда, выбросы ПГ от контролируемого сжигания и лесных пожаров. В настоящее время нет достаточных данных относительно биомассы земель, ежегодно переходящих в категорию покрытых лесом земель, все изменения запасов углерода в биомассе покрытых лесом земель оценивались в категории «Лесные земли, остающиеся лесными землями».

Оценка изменения запаса углерода в данной категории выполнялась в соответствии с Руководящими указаниями по эффективной практике для ЗИЗЛХ в рамках метода 1 (метод по умолчанию) с использованием национальных коэффициентов и с коэффициентами по умолчанию.

Данные о площади лесов, породно-возрастном составе были получены на основе данных об инвентаризации лесов, проводимых в 1988, 1994, 2001 гг. Данные о покрытой лесом площади за промежуточные годы получены методом интерполяции. Начиная с 2002 года,

берутся из ежегодного государственного лесного кадастра. За период инвентаризации площадь покрытых лесом земель в республике увеличилась, при этом сохраняется тенденция увеличения количества приспевающих, спелых и перестойных лесов при снижении удельного веса молодняков.

Запас углерода в CO_2 эквиваленте в древесной биомассе на покрытых лесом землях в 2017 г. уменьшился по отношению к базовому году на 77.19 %, что в первую очередь связано с рекордным увеличением объемов рубок, а также гибели древостоя в 2017 г. от пожаров.

В категории 4.В «Возделываемые земли» рассматриваются земли под многолетними насаждениями и органические возделываемые почвы. В 2017 г. выбросы от Возделываемых почв увеличились на 38.82 % к уровню 1990 г., что связано с увеличением рубок многолетних насаждений, а также с увеличением площади органических почв в данной категории.

Исходные данные о площадях многолетних культур получены на основании данных предоставленных Государственным комитетом по имуществу за период 1990-2017 гг. При этом определяли суммарные площади многолетних культур и изменение этих площадей по сравнению с предыдущим годом. В случае сокращения площадей под многолетними насаждениями оценивали потери углерода в биомассе на этих площадях. На возделываемых площадях рассчитывали накопление углерода. Расчет изменения запаса углерода в надземной биомассе многолетних культур выполняли в соответствии с Руководящими принципами МГЭИК, 2006. Коэффициенты накопления углерода в растущей биомассе ($2,1 \text{ т С га}^{-1} \text{ год}^{-1}$) и потери углерода при вырубке или гибели насаждений (63 т С/га^{-1}) взяты из таблицы 5.1 для умеренного климата [6].

Оценка изменения содержания углерода в минеральных почвах основана на изменениях в использовании земель и деятельности по управлению за 20-летний период.

В соответствии с Руководящими принципами запас углерода почв в год инвентаризации сравнивается с запасом углерода почв 20 лет до инвентаризации. Так как национальная статистика не располагает данными об изменениях в интенсивности использования сельскохозяйственных земель по типам почв, поэтому величины коэффициентов приняты постоянными и нетто изменение равно нулю.

В категории 4.Д «Водно-болотные угодья» рассматриваются земли, используемые для торфоразработок. В 2017 г. выбросы ПГ от разрабатываемых торфяных месторождений уменьшились на 80.67 % по отношению к 1990 г., что связано с сокращением разработки новых торфяных месторождений, а также с переводом выработанных месторождений в другие категории землепользования.

Выбросы CO_2 рассчитаны в соответствии с уровнем 1 Руководящих принципов МГЭИК [6]. Расчетные данные о площадях осушенных земель, используемых в сельском хозяйстве, предоставлены Государственным комитетом по имуществу.

Для территории Беларуси характерно наличие значительных площадей переувлажненных земель, которые до начала их мелиоративного освоения занимали 39 % территории республики. По состоянию на 1 января 2017 года общая площадь осушенных сельскохозяйственных земель республики составляет 2871,7 тыс. га, из них возделываемых – 1423,4 тыс. га [5].

В соответствии с утвержденными методологиями для источников/поглотителей ПГ с высокой степенью неопределенности (в частности, биогенные потоки ПГ) предусматривается консервативный подход, который заключается в занижении оценок для стоков и завышении для выбросов ПГ при высоких диапазонах разбросов исходных данных и/или пересчетных коэффициентов [3].

Для совершенствования инвентаризации в секторе ЗИЗЛХ необходимо выполнение следующих работ:

- Разработка новых и совершенствование имеющихся методологий по расчету национальных коэффициентов выбросов;
- Сбор более точных и детальных сведений о категориях землепользования, и конверсии земель;
- Представление категорий землепользования в полном объеме;

- Сбор необходимых данных и выполнение оценки изменений содержания углерода в почвах для категорий Пастбища и Возделываемые земли;
- Совершенствование процедуры проверки и контроля качества, включая независимое рецензирование оценок выбросов ПГ;
- Более широкое привлечение специалистов лесного хозяйства для проведения исследований и разработок в этом секторе с учетом особенностей Республики Беларусь;
- Проведение оценки выбросов/стоков ПГ для категорий земель, переустраиваемых в иные категории;
- Расчет значений потоков ПГ в категории Водно-болотные угодья с использованием национальных коэффициентов [2];
- Проведение экспериментальных исследований по выбросам ПГ.

Заключение. Инвентаризацию ПГ необходимо регулярно проводить для того, чтобы иметь необходимые данные для осуществления полной оценки влияния на атмосферный воздух выбросов ПГ и озоноразрушающих веществ.

Сектор ЗИЗЛХ является нетто-стоком ПГ в Республике Беларусь. Наибольший вклад в поглощение ПГ вносит категория 4.А «Лесные земли», в частности подкатегория 4.А.1 «Лесные земли, остающиеся лесными землями».

В Секторе «ЗИЗЛХ» наблюдается снижение нетто-стоков по сравнению с 1990 г. на 37%, что связано, главным образом, с уменьшением живой биомассы в лесном фонде, а также с уменьшением запасов углерода в почвах и резким изменением запасов углерода в мертвой биомассе лесов.

Поглощение CO₂ связано с накоплением углерода в биомассе, детрите и органическом веществе почв на лесных землях, а выбросы ПГ – с лесозаготовками, обезлесением, лесными пожарами и осушением лесных земель.

В дальнейшем в кадастре ПГ необходимо представление данных о выбросах/поглощениях ПГ в полном объеме, а также разработка национальных методик по оценке выбросов/поглощений ПГ и национальных коэффициентов выбросов.

Все методики численной оценки углеродного бюджета лесов строго следуют рекомендациям, изложенным в Руководящих указаниях МГЭИК. Рекомендации носят рамочный характер и оставляют достаточно большой простор странам в выборе конкретных способов расчета с учетом национальных условий и особенностей устоявшихся толкований определений и терминов. Кроме того, в Рекомендации регулярно вносят изменения [4].

Следует отметить, что данные инвентаризации ПГ являются основой для подготовки национальных сообщений и других отчетных документов Республики Беларусь для Секретариата РКИК ООН и Парижского соглашения, выполнения прогнозов выбросов ПГ разработки национальных программных и стратегических документов в области изменения климата [2].

Список использованных источников

1. Хамзина Ш.Ш., Кадырова М.С., Шереметьев Д.В. Подходы к оценке и инвентаризации выбросов парниковых газов. Вестник КазНУ. Серия экологическая. №2/2 (38), 2013. С. 384–387.
2. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2017 гг. РУП "Бел НИЦ «Экология», Минск, 2018. 220 с.
3. Коротков В.Н., Романовская А.А. Особенности учета выбросов и стоков парниковых газов при облесении, обезлесении и лесопользовании в рамках отчетности по киотскому протоколу // Труды Санкт-петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства № 2. Санкт-Петербург, 2013. С. 12–15.
4. Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь: результаты наблюдений, 2016 год / [Электронный ресурс]. Электрон.текстовые, граф. дан. (21 Мб), – Минск, Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивно-го загрязнения и мониторингу окружающей среды, 2017. С. 265–297.

5. Рожков Л.Н. Методические подходы расчета углеродных пулов в лесах Беларуси // Экология, лесоводство и охотничье хозяйство. ISSN 1683-0377. Труды БГТУ, 2011. № 1. Лесное хозяйство. С. 62-70.

6. МГЭИК 2006, Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов, МГЭИК, 2006. Подготовлено Программой МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов, Игглестон Х.С., Буэндиа Л., Мива К., Нгара Т. и Танабе К. (редакторы). Том 4: Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования. Часть 1. ИГЕС, Япония.

7. Филипчук А.Н. Новые аспекты оценки поглощения парниковых газов лесами России в контексте Парижского соглашения об изменении климата [Электронный ресурс] / А.Н. Филипчук, Б.Н. Моисеев, Н.В. Малышева // Лесохоз. информ. : электрон.сетевой журн. – 2017. – № 1. – С. 88–98. URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

УДК 504.064

В.М. Бурак, О.Н. Вавилонская, Е.А. Мойсейчик, А.Е. Мойсейчик
РУП «Бел НИЦ «Экология»

СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ТЕПЛООБРАЗОВАНИЯ В МАССИВЕ ОТХОДОВ

Введение. В рамках ГП Союзного государства Беларуси и России «Мониторинг–СГ» РУП «Бел НИЦ «Экология» совместно с Институтом физики НАН Беларуси выполнил задание по созданию экспериментальной комплексной системы координированных спутниковых и наземных дистанционных наблюдений опасных выбросов в атмосферу и контроля крупномасштабного переноса загрязнений. При этом было установлено, что космический мониторинг позволяет выявлять экологически неблагоприятные территории и динамику их изменения, но в силу технических особенностей не решает ряда практически значимых локальных и др. задач в области охраны окружающей среды и рационального природопользования.

Новейшим направлением исследовательских работ в области охраны окружающей среды и рационального природопользования является комбинирование возможностей беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), оснащенных миниатюрными приборами дистанционного исследования источников загрязнения окружающей среды, с соответствующими традиционными технологиями. В течение последних десятилетий в области БПЛА произошел технологический прорыв. Миниатюризация вычислительных систем и развитие спутниковой навигации (GPS/ГЛОНАСС) позволили создавать БПЛА, у которых габариты, масса, стоимость на порядки меньше прежних. Благодаря прогрессу в развитии гражданских беспилотных систем, миниатюризации приборов дистанционного контроля и систем обработки данных, сформировалась новая технология решения задач геоэкологического контроля природно-технических систем [1,2]. В зависимости от решаемых задач БПЛА могут оснащаться сменными бортовыми приборами: цифровой, тепловизионной, многоспектральной аппаратурой, радиометром-дозиметром гамма-излучения, детектором метана, газоанализатором (для различных газов), пылемером и др. В области охраны окружающей среды и рационального природопользования БПЛА широко применяются в зарубежных странах, в т. ч. в России и других странах СНГ.

Использование этой технологии в Беларуси находится в начальной стадии из-за отсутствия необходимого материального обеспечения.

Цель настоящей работы – обосновать структуру системы дистанционного контроля окружающей среды на основе теплообразования в массиве отходов с использованием малогабаритных беспилотных летающих аппаратов (БПЛА).

Требования к БПЛА. Достижения в области разработки датчиков и методов анализа данных делают системы дистанционной экодиагностики практичными и привлекательными для использования в исследованиях и управлении процессами, происходящими в массиве отходов. Такой способ диагностирования предполагает размещение измерительных приборов на специальных платформах, находящихся на некотором расстоянии от исследуемых объектов (на космических системах, самолетах, вертолетах, дирижаблях и т.д.) [1-3]. Системы крепления приборов к БПЛА должны удовлетворять ряду требований. Прежде всего, обеспечивать гиостабилизацию приборов видео- и ИК съемки (панорамной, плановой). Конструктивное исполнение должно обеспечивать надежное крепление отдельных приборов (или их комбинации), создающих различные полезные нагрузки на БПЛА. Не менее важны такие характеристики, как продолжительность и высота полета, возможность зависания над объектом, автономный полет по заданной программе, возможность работы в сложных метеоусловиях и с ограниченных площадок, долговечность и экономичность. Для решения задач экологического дистанционного контроля окружающей среды на основе теплообразования аппараты вертолётного типа могут оказаться наиболее перспективными [2, 3].

Физико-химические процессы и основы дистанционного измерения температуры твердых отходов. На свалках твердых бытовых отходов развиваются различные физико-химические процессы, приводящие к разогреву отдельных зон массива. Так, на подмосковных свалках в результате экзотермических химических реакций и микробиологических процессов температура на их поверхности достигает 33...37 °С (при температуре окружающего воздуха 0 °С) [4]. Возрастание температуры при приближении к очагам разогрева характеризуется градиентом порядка 4 °С/см [4]. Динамика разогрева массива отходов с начала их складирования приведена в работе американских исследователей (рис.1) [5]. В данном случае температура в теле отходов приближается примерно к 50 °С. В других ситуациях температура разогрева массива может быть иной, в том числе и более высокой, вызывающей тление и даже самовозгорание отходов.

Контроль температуры в теле свалки имеет важное значение для оценки потенциала теплообразования, планирования технологии и контроля процессов разложения в массиве твердых отходов. Такой контроль позволяет регулировать процессы биологического разложения в массиве и управлять выделением свалочных газов.

Температуру в экодиагностике используют в качестве основного диагностического параметра [5]. В этих же целях можно контролировать химический состав, излучательную и отражательную способность, прозрачность, соленость, кислотность, наличие микробиогенных и зоогенных факторов, концентрацию ионов и другие.

Большинство дистанционных температурных измерений производится в диапазонах инфракрасных и видимых лучей. Соотношения между температурой тела и характеристиками его излучения теоретически устанавливаются с помощью законов излучения (законы: Планка, Вина, Стефана–Больцмана, Кирхгофа).

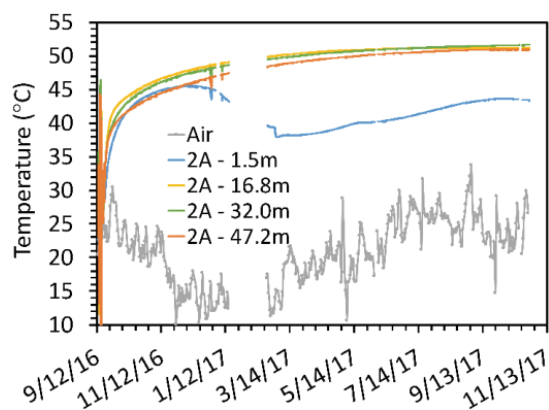


Рисунок 1– Изменение температуры в массиве отходов в направлении от поверхности к середине [5]

Формула Планка описывает распределение энергии в спектре излучения абсолютного черного тела:

$$W_{\lambda-b}(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 (e^{hc/\lambda kT} - 1)} \cdot 10^{-6}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot \text{мкм}, \quad (1)$$

где $W_{\lambda-b}(\lambda, T)$ – спектральная излучательная способность черного тела (b–black body) на длине волны λ ; h – постоянная Планка, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с; k – постоянная Больцмана, $k = 1,4 \cdot 10^{-23}$ Дж/К; c – скорость света, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с; T – абсолютная температура черного тела; λ – длина волны.

Продифференцировав формулу Планка (1) по λ и приравняв полученное выражение нулю, найдем выражение для длины волны, соответствующей максимумам спектральной излучательной способности при различных температурах, которое выражает **закон смещения Вина**:

$$\lambda_{\max}(T) = \frac{2898}{T}, \text{ мкм}. \quad (2)$$

В соответствии с законом Вина при повышении температуры тела максимум спектральной излучательной способности смещается в сторону коротких длин волн. Из формулы (2) следует, что тело при комнатной температуре 300 К имеет максимум спектральной излучательной способности на длине волны 9.7 мкм (длинноволновая инфракрасная область).

Интегрирование формулы Планка (1) от $\lambda = 0$ до $\lambda = \infty$ дает выражение для интегральной излучательной способности черного тела

$$W_b(T) = \sigma T^4, \text{ Вт} \cdot \text{м}^2, \quad (3)$$

Выражение (3) описывает **закон Стефана–Больцмана**: интегральная излучательная способность черного тела (W_b) пропорциональна четвертой степени его абсолютной температуры (T).

Величина $\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15h^3 c^2} \approx 5.6696 \cdot 10^{-8}$, Вт/(м²·К) – постоянная Стефана-Больцмана.

Обычные тела не являются абсолютно черными. Им присуще не полное поглощение падающего излучения. Поэтому сформулированные законы Планка и Стефана–Больцмана могут применяться к ним с введением некоторых уточнений. На рисунке 2 схематически изображены процессы взаимодействия объекта с энергией падающего излучения W_0 . Индексами ρ , α , τ выделены, соответственно, падающее на тело, отражённое, поглощенное, прошедшее через тело излучение.

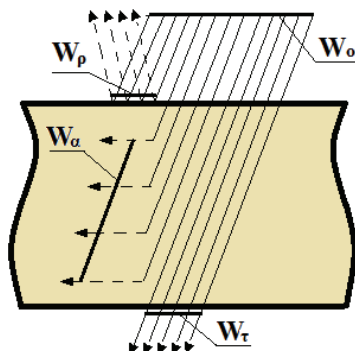


Рисунок 2 – Схема взаимодействия энергии падающего излучения с веществом объекта

Пусть мощность падающего излучения W_0 при взаимодействии с телом разделяется на потоки (рис. 2): 1) частично отражается от тела (W_ρ), 2) частично поглощается (W_α) и 3) частично проходит сквозь тело (W_τ), тогда $W_\rho + W_\alpha + W_\tau = W_0$. Разделив обе части этого равенства на W_0 , получим

$$\frac{W_p}{W_o} + \frac{W_a}{W_o} + \frac{W_\tau}{W_o} = 1. \quad (4)$$

Выражение (4) представим в виде:

$$\rho_\lambda + \alpha_\lambda + \tau_\lambda = 1 \quad (5)$$

В формуле (5) для описания взаимодействия мощности или энергии падающего излучения с объектом используются три коэффициента:

$\rho_\lambda(\lambda) = \frac{W_p}{W_o}$ – спектральный коэффициент отражения, который находится как отношение мощности, отраженной на определенной длине волны W_p , ко всей падающей мощности W_o .

$\alpha_\lambda(\lambda) = \frac{W_a}{W_o}$ – спектральный коэффициент поглощения. Он определяется как отношение мощности поглощенной на определенной длине волны W_a ко всей падающей мощности W_o .

$\tau_\lambda(\lambda) = \frac{W_\tau}{W_o}$ – спектральный коэффициент пропускания, равный отношению мощности, прошедшей сквозь объект на определенной длине волны W_τ , ко всей падающей мощности W_o .

Коэффициенты ρ_λ , α_λ , τ_λ называют спектральной отражательной, поглощательной и пропускательной способностью, соответственно. Для описания части излучения черного тела, испускаемого реальными телами, вводят **спектральный коэффициент излучения** – $\varepsilon_\lambda(\lambda, T)$, который представляет отношение спектральной мощности излучения объекта к спектральной мощности излучения черного тела при одних и тех же температуре и длине волны. Выражение для спектрального коэффициента излучения можно записать как отношение спектральной излучательной способности объекта W_{λ_Obj} к спектральной излучательной способности черного тела W_{λ_b} :

$$\varepsilon_\lambda(\lambda, T) = \frac{W_{\lambda_Obj}(\lambda, T)}{W_{\lambda_b}(\lambda, T)} \quad (6)$$

Коэффициент излучения $\varepsilon_\lambda(\lambda, T)$ характеризует тип излучателя:

- черное тело $\varepsilon_\lambda = \varepsilon = 1$;
- серое тело $\varepsilon_\lambda = \varepsilon = \text{const}$, $\varepsilon < 1$;
- избирательный излучатель $\varepsilon_\lambda = f(\lambda, T)$, $\varepsilon_\lambda \leq 1$.

ε – обозначение постоянного коэффициента излучения, не зависящего от длины волны.

Таким образом, коэффициент ε_λ (6), принимая значения от 0 до 1, показывает какая доля энергии черного тела излучается объектом на длине волны λ , то есть ε_λ характеризует степень черноты тела. Введение спектрального коэффициента излучения ε_λ позволяет записать законы Планка и Стефана – Больцмана для тел, не являющимися черными. Так, для серого тела формула Планка переписется:

$$W_{\lambda_gray}(\lambda, T) = \varepsilon \cdot W_{\lambda_b}(\lambda, T), \quad (7)$$

а для избирательного излучателя:

$$W_{\lambda_sel}(\lambda, T) = \varepsilon_\lambda(\lambda, T) \cdot W_{\lambda_b}(\lambda, T). \quad (8)$$

Закон Стефана–Больцмана для серого и избирательного излучателя примет вид:

$$W_{gray}(T) = \varepsilon \cdot W_b(T), \quad (9)$$

$$W_{sel}(T) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varepsilon_\lambda(\lambda, T) \cdot W_{\lambda_b}(\lambda, T) d\lambda. \quad (10)$$

Введенные выше понятия: спектральная излучательная способность W_λ и коэффициент спектрального поглощения – $\alpha_\lambda(\lambda, T)$ позволяют сформулировать **закон Кирхгофа** для теп-

лового излучения любых материальных тел. Если поместить несколько различных тел с неравными температурами в откачанную адиабатическую оболочку с идеально отражающими стенками, то обмен энергией между телами возможен только за счет излучения и поглощения ими электромагнитных волн. Излучение, испускаемое одним телом, может частично или полностью отражаться, поглощаться или проходить сквозь другие тела. Температура более нагретых тел при излучении будет понижаться, а температура менее нагретых тел, поглотивших излучение, будет повышаться. По законам термодинамики через некоторое время все тела будут иметь одну и ту же температуру и установится равновесное состояние между тепловым излучением тел и поглощением ими электромагнитных волн. Для этого случая Кирхгоф сформулировал один из **основных законов теплового излучения: отношение спектральной излучательной способности объекта – $W_{\lambda \text{ обь}}(\lambda, T)$ к спектральному коэффициенту поглощения объекта – $\alpha_{\lambda}(\lambda, T)$ не зависит от природы тела и является универсальной функцией $W_{\lambda \text{ в}}(\lambda, T)$, зависящей только от температуры и длины волны.** Из закона Кирхгофа следует, что излучательная способность тела $W_{\lambda \text{ обь}}$ тем больше, чем больше его спектральный коэффициент поглощения – α_{λ} . Также из закона Кирхгофа следует, что всякое тело при данной температуре излучает преимущественно на тех длинах волн, которые оно при той же температуре сильнее всего поглощает.

О структуре системы дистанционного контроля окружающей среды на основе теплообразования. Тепловая экодиагностика осуществляется в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах длин волн с помощью фотографических, телевизионных и оптико – электронных сканирующих приборов. Приборы дистанционного зондирования бывают двух основных типов – активные и пассивные. Активные приборы используют собственный источник энергии для освещения диагностируемых объектов. Пассивные датчики обнаруживают энергию излучения, которая испускается или отражается наблюдаемым объектом. Большинство пассивных систем, используемых в практике дистанционного зондирования, работают в видимой, инфракрасной, тепловой инфракрасной и микроволновой частях электромагнитного спектра.

Для регистрации и анализа собственного теплового излучения объектов часто используют тепловизионную аппаратуру (тепловизоры). **Тепловизор** – это оптико-электронный прибор, предназначенный для бесконтактного (дистанционного) наблюдения, измерения и регистрации пространственного/ пространственно-временного распределения радиационной температуры объектов, находящихся в поле зрения прибора, путем формирования временной последовательности термограмм и определения температуры поверхности объекта по известным коэффициентам излучения и параметрам съемки (температура окружающей среды, пропускание атмосферы, дистанция наблюдения и т. п.) (СТБ ГОСТ Р 8.619-2009. Приборы тепловизионные измерительные. Методика поверки). Современные тепловизоры изготавливаются в стационарном и переносном исполнении с функцией аудиозаписи и видеотермографирования. Диапазон измерений большинства тепловизоров, применяемых для решения профессиональных задач тепловой экодиагностики, составляет от минус 30 до 650°C с абсолютной и относительной погрешностью ± 2 °C и ± 2 % соответственно. К наиболее известным отечественным и зарубежным производителям тепловизионного оборудования следует отнести FlukeCorporation (США), FLIR Systems (США), Testo SE &Co. KGaA (Германия), ООО «ИРТИС/IRTIS» (Россия), и др.

Третьей составляющей системы экодиагностики должны быть приборы исследования массива отходов (его морфологических особенностей, слоев, неоднородностей и т.д.), загрязненности почвы и грунтов, нахождения утечек веществ, мест захоронения отходов и установления их характеристик и др. Такие задачи решаются с использованием георадаров.

Список использованных источников

1. Андреев, В.Л. Геоэкологический мониторинг природно-технических систем на основе беспилотных летательных аппаратов/ В.Л. Андреев, В.И.Биненко, Р.В. Иванов// Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета, 2011, №18. – С.139-150.

2. Пашкевич, М. А. Использование малогабаритных беспилотных летательных аппаратов в целях экологического мониторинга / М. А. Пашкевич, А. С. Данилов, Ю. Д. Смирнов // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики : сборник научных трудов 9-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. В 2 т. Т. 2 / под общ.ред. А. Б. Копылова, И. А. Басалай. – Минск : БНТУ, 2013. – С. 79 – 85.

3. Беспилотные летательные аппараты: справочное пособие.–Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2015.–620с.

4. Лаврентьев, А.А. Загрязнение атмосферы в районе полигонов по переработке отходов/Вестник ФГОУ ВПО МГАУ, 2008, № 1.– С.84–85.

5. Faitli, J. Characterization of thermal properties of municipal solid waste landfills/ J.Faitli, T.Magyar, A. Erdélyi, A. Murányi// Waste Management, v. 36, 2015.– p.213–221.

УДК 556.167 (476)

Е.Е. Петлицкий, М.В. Водейко
РУП «ЦНИИКИВР»

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ МИНИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ДЛЯ РЕК НЕМАНСКОГО БАССЕЙНА

Для исследования речного стока в меженные периоды по основным рекам, принадлежащим к Неманскому бассейну, были проведены подробные расчеты основных статистических характеристик минимальных среднемесячных расходов воды за период зимней и летне-осенней межени.

Исследования проводились по всем существующим ранее и сейчас гидрологическим постам, охватывающим всю территорию Неманского бассейна – 54 гидрологического поста.

В связи с тем, что не все ряды гидрологических наблюдений представляли достаточную длительность для получения надежных статистических характеристик – либо короткие ряды, либо с большими перерывами в наблюдениях – необходимо было восстановить недостающую гидрологическую информацию. Для выполнения работ по удлинению этих рядов использовался метод корреляционного анализа на основании подбора соответствующих створов – аналогов в соответствии с законами гидрологической аналогии в условиях формирования речного стока, в том числе в меженные периоды [1].

Таким образом, на основании выбранного подобия «расчетный створ – створ-аналог» был проведен корреляционный анализ связей между расчетным створом и подобранном гидрологическим аналогом по среднемесячным расходам воды за каждый месяц в течение года. В результате восстановленных по уравнениям связи стоковых величин существенно расширился исходный массив данных расходных характеристик рек по функционирующим и закрытым гидрологическим постам. В бассейне реки Неман были продлены ряды в 25 стационарных створах.

Полученные данные с учетом удлинённых (восстановленных) рядов стока позволили получить в расчетном створе следующие характеристики: средняя величина минимального среднемесячного расхода воды (за зимнюю и летне-осеннюю межень) за весь период многолетних наблюдений и соответствующее значение коэффициента вариации (C_v). По каждому речному створу оценено 16 статистических параметров (8 для зимней межени и 8 для летне-осенней межени). Весь массив этих параметров описывает многолетние особенности меженных расходов воды в 53 створах бассейна реки Неман с рекой Виляя. На основе эмпирических кривых обеспеченностей показаны характерные ординаты – среднемесячные минимальные расходы воды обеспеченностью 50%, 75%, 80%, 90% и 95%. Кроме этого по-

казана величина наименьшего среднемесячного расхода воды, зафиксированная за весь период наблюдений в конкретном створе.

Из анализа данных было получено, что в Неманском бассейне практически по всем рекам зимняя межень отличается повышенной водностью по сравнению с летне-осенней меженью. В отдельных случаях эта разница может составлять два и более раза, особенно на малых реках.

Полученные таким образом основные статистические характеристики зимней и летне-осенней межени достаточны для проведения дальнейших оценок тенденций изменения меженных среднемесячных расходов воды во времени и пространстве.

В последние годы наблюдается заметные изменения водности рек, которые связывают с климатическими изменениями (повышение температуры воздуха, уменьшение атмосферных осадков и др.) [2], а также с увеличением антропогенной нагрузки в основных пунктах стационарных наблюдений за гидрологическим режимом. Подобные изменения не могли не сказаться на изменении условий формирования стока рек. В связи с этим произошли и некоторые изменения в тенденциях многолетних колебаний минимальных меженных расходов воды за последние десятилетия на реках Балтийского бассейна. Для анализа этого процесса были построены и проанализированы хронограммы многолетних рядов наблюдений за минимальными расходами воды. С целью более четкого выделения изменений в режиме этих расходов рассчитаны сглаженные по пятилеткам расходы воды за зимнюю и летне-осеннюю межень. Такой подход позволил исключить колебания расходов воды между отдельными годами и выявить основные тенденции в многолетних колебаниях. Был подготовлен массив стоковых данных с рядами наблюдений в стационарных створах (или восстановленных) более 50 лет. Далее, разделив весь ряд наблюдений на два периода (в соответствии с зафиксированным годом изменения тенденции), была рассчитана средняя величина меженных расходов воды и относительные масштабы произошедших изменений. На основании проведенного анализа для каждого расчетного створа зафиксирован год начала заметной тенденции к систематическому изменению меженных расходов воды (отдельно для зимней и летне-осенней межени).

В бассейне реки Неман было построено и проанализировано 40 сглаженных хронограмм меженных расходов воды (20 – за период зимней межени и 20 – за период летне-осенней межени). Существенные систематические изменения (увеличение) в меженных расходах воды относятся только к зимней межени. Однако момент отмеченного изменения в общей тенденции зимних расходов воды отличается от остальных бассейнов. Чаще всего этот момент приходится на 1975 г., реже – на 1981 г. относительная величина среднего отклонения зимних расходов воды за последние десятилетия составляет 20-70%.

Для структуры меженных периодов на реках в бассейне Немана за последние десятилетия наметилась тенденция сдвижки максимальной частоты попадания минимальных расходов в течение года с зимних периодов на летне-осенние периоды. Наиболее четко эта тенденция отмечается в створе реки Неман – г. Столбцы: частота в январе уменьшилась в десять раз, а в августе увеличилась в пять раз; частота попадания в феврале уменьшилась в два раза, а в августе – увеличилась в пять раз.

Установлено, что для минимального стока (в отличие от годового) уменьшается зависимость от климатических факторов (температуры воздуха и почвы, дефицита влажности воздуха, испарения с суши, розы ветров) и усиливается влияние физико-географических факторов.

Так, на распределение минимального стока внутри года определяющее влияние оказывает гидрогеологическое строение водосбора – инфильтрационная и водоудерживающая способность почво-грунтов, мощность и распространение водоносных горизонтов, гидравлическая связь с поверхностным стоком.

Дренирующая способность рек на величину минимального стока оказывает определяющее влияние и зависит от геоморфологических и почвенных условий водосборов. При одинаковых почвогрунтах с разным рельефом сток выше в возвышенных районах. Реки,

протекающие на возвышенностях, имеют глубоко врезуемые долины, что обуславливает более высокие модули минимального стока. При выходе реки на равнину ее врез становится меньше, долина расширяется, и модули минимального стока уменьшаются.

На сток рек значительное влияние оказывает такая особенность геологического строения, как процесс карстообразования, который влияет на величину водовмещения пород [3].

На величину минимального стока рек оказывает влияние величина залесенности водосбора, наличие озер и болот. Лес способствует переводу склонового и руслового стока в почвенный, тем самым, увеличивая запас грунтовых вод на водосборе. Озера и болота также имеют аккумуляционную функцию талых и дождевых вод. Под влиянием озерного регулирования максимальный сток значительно снижается, а минимальный, наоборот, повышается.

Что касается величины площади водосбора, то установлено, что многолетний ход минимального стока на малых и средних реках, как правило, соответствует ходу на больших реках.

В последние годы наблюдаются заметные изменения водности рек, которые связывают с глобальным потеплением и увеличением антропогенной нагрузки. Одной из наиболее важных гидрологических величин является минимальный сток и его пространственно-временные колебания. Модуль стока, как показатель количественной характеристики поверхностного стока, отражает эти изменения. На данном этапе исследования рассматривалась величина модуля минимального стока, как показателя количественной характеристики колебания водности в период зимней и летне-осенней межени на реках бассейна Немана в пределах Республики Беларусь. На основании полученных ранее статистических характеристик для анализа изменения минимального стока в соответствующий меженный период были выбраны следующие характеристики: параметр изменчивости стока C_v , средняя и наименьшая величины минимального среднемесячного модуля стока за весь период многолетних наблюдений (с учетом в отдельных случаях удлинения рядов), модуль минимального стока 50%-ой обеспеченности, среднее за период наблюдений значение модуля минимального стока. Таким образом, в границах речного бассейна была получена характеристика колебаний значений минимальных модулей стока в зимний и летне-осенний меженный периоды.

Как показал анализ по Неманскому бассейну за летне-осенний, так и за зимний периоды минимальные модули постепенно увеличиваются до д. Белица (площадь водосбора 16700 км²), где среднемноголетний модуль среднемесячного минимального стока за летне-осенний период составляет 3,5, зимний период – 4,14 л/с·км². От д. Белица вниз по течению модули уменьшаются и у г. Гродно (площадь водосбора 33600 км²), соответственно, составляют 3,09 и 3,71 л/с·км². На всем протяжении реки среднемесячные модули минимального стока за летне-осенний сезон меньше зимних модулей на 15-17%.

Для всех речных стационарных створов наблюдений за гидрологическим режимом на реках Неманского бассейна были определены меженные минимальные расходы 50% обеспеченности по стоку с учетом продления рядов наблюдений. Эти тенденции, или закономерности, формирования минимального стока на данном этапе исследований нами были представлены в виде карт изолиний модулей минимального стока рек за зимнюю и летне-осеннюю межени, полученные методом интерполяции в стационарных гидрологических створах. Построенные карты модулей минимального речного стока 50% обеспеченности для зимней и летне-осенней межени на реках Неманского бассейна отражают факторы формирования и изменения минимального стока по территории исследования. Полученные модули минимального стока 50%-ой обеспеченности в меженные периоды были сгруппированы в диапазоны значений от минимального к максимальному для соответствующих градаций площадей по основным речным водосборам [4].

Зимняя межень. Самые высокие модули отмечаются в бассейне Немана (4,25–6,60 л/с·км²), особенно высокий минимальный сток в этом бассейне отмечен на реках Гавья, Молчадь, Валовка, Жижма, Мышанка и Ошмянка. Причем, если высокие значения минимального модуля практически не изменяются с увеличением площади водосбора, то для

минимальных значений модулей ($0,57-4,81 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$) их увеличений идет с нарастанием водосборной площади до 1000 км^2 , а затем происходит их уменьшение.

Летне-осенняя межень. Для Неманского бассейна в это время формируется минимальный сток, который характеризуется меньшими значениями минимальных и максимальных величин модуля стока в сравнении с зимними значениями. Для летне-осенней межени тенденции изменения минимального стока в зависимости от площади водосбора рек по бассейнам остаются аналогичными зимней межени. В целом по территории исследуемого бассейна модули минимального летне-осеннего стока меньше зимнего для Неманского бассейна от 7% до 79%.

Можно отметить, что на территории исследуемогоречного бассейна на реках формируется минимальный сток, увеличивающийся с ростом площади водосбора, но такая закономерность соблюдается для водотоков с площадью водосбора не более 5000 км^2 . Для крупных рек зависимость величины минимального стока от величины площади водосбора падает.

Для изолиний модулей минимального стока не прослеживается и характерная для годового стока тенденция уменьшения с севера на юг, связанная с уменьшением к южным широтам водности рек. Внутри крупных речных водосборов величины модулей минимального стока значительно варьируют. Здесь определяющими факторами выступают связанные с поверхностным стоком подземные воды, а также физико-географические и геоморфологические условия на водосборе рек.

Список использованных источников

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Описание рек и озер и расчеты основных характеристик их режима: Т. 5. Белоруссия и ВерхнееПоднепровье: Ч. 1. / Под ред. К.А. Ключевой. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1971. – 1107 с.
2. Климат Беларуси / под ред. В. Ф. Логинова. – Мн.: институт геологических наук АН Беларуси. 1996. – 234 с.
3. Минимальный сток рек Беларуси: монография / А.А. Волчек, О.И. Грядунова; – Брест: БрГУ им. А.С.Пушкина, 2010. – 169 с.
4. Государственный водный кадастр. Раздел 1. Поверхностные воды. Серия 2. Ежегодные данные. Том III. Минск.: Республиканский Гидрометеоцентр, 2000-2009 гг.

УДК 556.535

Е.Г. Квач, М.А. Асадчая

Республика Беларусь, Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (Белгидромет)

ВЛИЯНИЕ ГРОДНЕНСКОЙ ГЭС НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕКИ НЕМАН (В ГРАНИЦАХ БЕЛАРУСИ)

Река Неман – одна из основных водных артерий Беларуси, расположена в северо-западной и западной части республики. Протекает по территории Беларуси и Литвы.

До проведения в 1985-86 гг. мелиоративных работ за начало р. Неман принимался исток р. Неманец, расположенный юго-западнее д. Красное в Узденском районе, Минской области. На изменение местоположения истока р. Неман повлияли проведенные мелиоративные работы в границах водосбора, в результате длина р. Неман уменьшилась на 24 км, а за исток принято место слияния каналов у насосной станции, расположенной к северо-западу от д. Речица, Узденского района, Минской области [1]. Впадает в Куршский залив Балтийского моря.

Длина реки от истока до устья 914 км, в пределах Беларуси от истока до впадения р. Черная Ганьча – 431 км. Общая площадь водосбора 98200 км^2 , в пределах республики (до р. Черная Ганьча) – $34\,610 \text{ км}^2$.



Рисунок 1 – Изменение местоположения истока реки Немана

Основные притоки: левобережные р. Уша (длина 105 км), р. Молчадь (98 км), р. Щара (325 км), р. Зельвянка (170 км), р. Россь (99 км), р. Свислочь (137 км); правые: р. Усса (115 км), р. Березина (226 км), р. Гавья (100 км), р. Дитва (93 км), р. Котра (140 км).

За пределами Беларуси справа в р. Неман впадает р. Вилия, общая длина которой 510 км, а протяженность в пределах республики – 276 км [2].

В мае 2008 года на реке Неман началось строительство Гродненской ГЭС. По проекту мощность Гродненской ГЭС составляет 17 мегаватт. Согласно мировой классификации она является средней по мощности. Это первая данного типа гидроэлектростанция в Беларуси, которая введена в эксплуатацию в сентябре 2012 года. Характерной особенностью гидроузла Гродненской ГЭС является то, что при его эксплуатации практически полностью сохраняется расходный режим реки, так как станция работает только на бытовом стоке (без регулирования расхода воды в реке) с постоянным уровнем воды в водохранилище. Водохранилище Гродненской ГЭС расположено на территории Гродненского и Мостовского районов является руслового типа площадью зеркала 19,4 км², полным объемом 48,67 млн.м³. Особенность водохранилища является его длина – 42,0 км. Наибольшая ширина составляет 1,5 км.

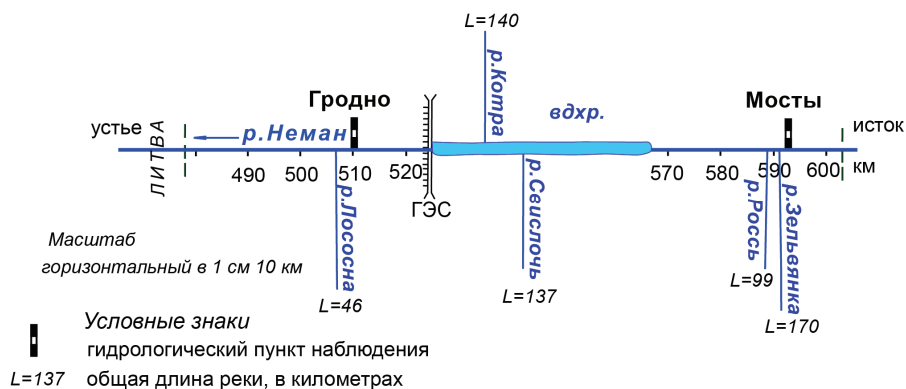


Рисунок 2 – Гидрографическая схема основных притоков реки Неман на участке Мосты – граница с Литвой

Анализ влияния Гродненской ГЭС на гидрологический режим реки Неман проводился по двум близлежащим гидрологическим постам: р. Неман – Гродно в 11,5 км ниже по течению действующей ГЭС и р. Неман – Мосты в 66,0 км выше по течению действующей ГЭС.

Проверка гипотезы однородности рядов наблюдений выполнена с применением десяти критериев Диксона и двух критериев Смирнова-Граббса. Для проверки стационарности рядов вычислены критерии Стьюдента и Фишера. Критерием Стьюдента оценена стационарность временного ряда относительно среднего значения, а критерием Фишера – по дисперсии.

Для анализа изменений уровня и стокового режима проведено сравнение данных характеристик до и после строительства ГЭС на гидрологических постах р. Неман – Мосты и р. Неман – Гродно. С целью исключения влияния изменения климата на гидрологический режим реки Неман для анализа был выбран период с 1989 по 2018 год. Данный период был разбит на четыре этапа:

1989-2007 – до начала строительства Гродненской ГЭС;

1989-2011 – до ввода в эксплуатацию Гродненской ГЭС;

2008-2018 – после строительства Гродненской ГЭС;

2012-2018 – после ввода в эксплуатацию Гродненской ГЭС.

Для анализа изменений ледового и термического режима проведено сравнение данных характеристик на гидрологическом посту р. Неман – Гродно до и после строительства ГЭС. С целью исключения влияния изменения климата на гидрологический режим реки Неман для анализа был выбран период с 1989 по 2018 год [3, 4]. Данный период был разбит на два этапа:

1989-2011 – до ввода в эксплуатацию Гродненской ГЭС,

2012-2018 – после ввода в эксплуатацию Гродненской ГЭС.

Уровенный режим. В работе исследованы ряды высших годовых уровней воды, низших уровней воды зимнего периода и низших уровней воды периода открытого русла на гидрологических постах р. Неман – Мосты и р. Неман – Гродно.

За период с 1989 по 2018 год высший уровень воды зафиксирован в 1994 году на двух анализируемых гидрологических постах.

За периоды строительства и ввода в эксплуатацию Гродненской ГЭС наблюдается снижение значений высших годовых уровней воды, а также низших уровней воды зимнего периода и низших уровней воды периода открытого русла на гидрологическом посту р. Неман – Гродно. Среднее значение высших годовых уровней воды снизилось на 30 см. Для низших уровней воды наиболее значимые изменения отмечаются для периода открытого русла и достигают снижения до 15 см. Данная тенденция не характерна для гидрологического поста р. Неман – Мосты.

Стоковый режим. На гидрологических постах р. Неман – Мосты и р. Неман – Гродно отмечается сглаженное распределение водности реки в течение года. Влияние строительства Гродненской ГЭС в разрезе исследуемых периодов не было отмечено. При эксплуатации Гродненской ГЭС практически полностью сохраняется расходный режим реки Неман выше и ниже гидроузла.

Ледовый и термический режим. Анализ среднемесячной температуры воды и ледовых явлений на гидрологическом посту р. Неман – Гродно, расположенном ниже плотины Гродненской ГЭС зафиксировал изменения ледово-термического режима реки Неман после введения в эксплуатацию Гродненской ГЭС.

В результате работы Гродненской ГЭС температура воды на гидрологическом посту р. Неман – Гродно увеличилась в среднем на $0,5^{\circ}\text{C}$. Наиболее значимые изменения в температурном режиме наблюдаются в зимне-осенний период.

Изменения в температурном режиме способствуют более позднему образованию устойчивых ледовых явлений на реке Неман ниже плотины ГЭС. На гидрологическом посту р. Неман – Гродно устойчивые ледовые явления стали образовываться в среднем на 20 дней позже, чем до введения ГЭС в эксплуатацию.

С момента ввода ГЭС в эксплуатацию ледостав на данном участке реки не образовывается. В среднем на 25 дней сократилась продолжительность периода с ледовыми явлениями.

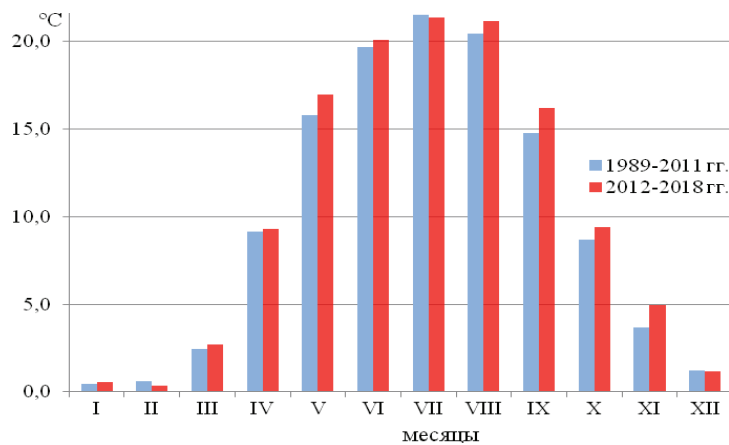


Рисунок 3 – Изменения среднемесячной температуры воды на гидрологическом посту р. Неман – Гродно

Выводы. Достоверная оценка влияния Гродненской ГЭС на гидрологический режим реки Неман требует проведение дальнейшего мониторинга в районе ближайших гидрологических постов, формирование многолетней базы данных, для последующей оценки происходящих изменений.

На основании проведенных в данной работе исследований можно сделать вывод:

- при эксплуатации Гродненской ГЭС практически полностью сохраняется расходный режим реки Неман выше и ниже гидроузла;
- наиболее значимые изменения уровневого режима на гидрологическом посту р. Неман – Гродно при работе Гродненской ГЭС зафиксированы в снижении значений высших годовых уровней воды, а также низших уровней воды периода открытого русла;
- зафиксировано изменение в ледовом и термическом режиме гидрологического поста р. Неман – Гродно.

Список использованных источников

1. Справочник «Изменение гидрографической сети Беларуси под воздействием мелиоративных работ. Часть 1. Сведения об отрегулированных реках по основным речным бассейнам Беларуси» – Минск, 2008.
2. Блакітны скарб Беларусі: Рэкі, азёры, вадасховішчы, турысцкі патэнцыял водных аб'ектаў / Маст.: Ю.А.Тарэеў, У.І.Цярэнцьеў – Мн.: БелЭн, 2007.
3. Архивная база ОГХ материалов наблюдений на постах Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.
4. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод за период 1989-2018 гг.

УДК 556.535.2

Л.Н. Журавович, Е.Г. Квач, М.А. Асадчая

Республика Беларусь, Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (Белгидромет)

НАВОДНЕНИЯ В БЕЛАРУСИ

Из стихийных гидрологических явлений наибольшую опасность для Беларуси представляют высокие уровни на реках, сопровождающиеся наводнением. Под наводнением понимается «затопление водой прилегающей к реке или озеру местности, которое причиняет материальный ущерб, наносит урон здоровью населения или приводит к гибели людей».

Наводнения по их размерам и приносимому ущербу подразделяются на 4 группы:

1. небольшие – повторяемостью 1 раз в 5-8 лет, возникают при условии, когда один из формирующих факторов по своей величине выше средних многолетних значений на 15-20%;

2. большие – повторяемостью 1 раз в 10-50 лет, возникают при условии, когда ряд формирующих факторов по своей величине выше средних многолетних значений на 25-100%;

3. выдающиеся – повторяемостью 1 раз в 55-100 лет, возникают при условиях, когда формирующие их факторы по своей величине в несколько раз превышают средние многолетние значения;

4. катастрофические – повторяемостью 1 раз в 100-200 лет и реже, бывают при сочетании максимальных значений формирующих их факторов, по величине превышающих средние многолетние значения не менее, чем в 1,5-3 раза и, как правило, одновременно распространяющиеся на большой территории [5].

На территории Беларуси, как правило, наводнения наблюдаются в период весеннего половодья и в отдельные годы в период дождей паводков (в летне-осенний и зимний периоды).

К факторам, обуславливающим высоту весеннего половодья, относятся запасы воды в снежном покрове перед началом весеннего таяния, атмосферные осадки в период снеготаяния и половодья, осенне-зимнее увлажнение и глубина промерзания почвы к началу снеготаяния, ледяная корка на почве, интенсивность снеготаяния [2].

К катастрофическим наводнениям на реках республики за период регулярных наблюдений относится наводнение 1931г. на р.Западная Двина, р.Днепр, р. Березина, р. Сож и 1958 г. на р. Неман и р. Щара (табл.1).

Таблица 1 – Годы с наводнением различной градации [1,3,4]

Река-пост		Характеристика сезона	Характеристика паводка		
			Катастрофический P%<1%	Выдающийся P%1–2%	Большой P%3–10%
1		2	3	4	5
1	р.Западная Двина – Сураж	весен.	1931	1929,1956	1878,1895,1901,1908,1915,1917,1958,1962
2	р.Западная Двина – Витебск	-“-	1931	1878,1929, 1956	1958,1962
3	р.Западная Двина – Улла	-“-	1931	1951,1956	1941,1953,1958,
4	р.Западная Двина – Полоцк	-“-	1931	1951,1956	1941,1953,1958,1962, 1994, 2013
5	р.Западная Двина – Верхнедвинск	-“-	1931	1956	1958,1962,1994,2010,2013
6	р.Оболь – Оболь	-“-		1956	1938,1951,1953,1955,1958,1962,1965
7	р.Дисна – Шарковщина	-“-		1951	1953,1956,1958,1963,2004,2013
8	р.Неман – Столбцы	-“-		1947,1958	1924,1931,1932,1940,1956,1966
9	р.Неман – Мосты	-“-	1958		1931
10	р.Неман – Гродно	-“-	1958	1931	
11	р.Щара – Слоним	-“-	1958	1886	1888,1889,1895,1931,1941,1970,1979
12	р.Мухавец – Брест	весен.		1979	1967,1970
		летн.		1974	
13	р.Днепр – Орша	весен.	1931	1908,1956	1907,1917,1929,1958
14	р.Днепр – Могилев	-“-	1931	1908,1956	1888,1907,1917,1922,1929,1947,1958
15	р.Днепр – Жлобин	-“-		1931,1956,1958	1883,1888,1889,1907,1908,1917,1922,1947,1970,2013
16	р.Днепр – Речица	-“-		1956,1958	1907,1915,1916,1917,1928,1947,1970
17	р.Днепр – Лоев	-“-		1931	1877,1878,1900,1907,1900,1907,1908,1915,1917,1924,1929,1932,1956,1958,1970
18	р.Березина – Борисов	-“-		1970	1962,1963,1968,1999,2010

Река-пост	Характеристика сезона	Характеристика паводка			
		Катастрофический P%<1%	Выдающийся P%1–2%	Большой P%3–10%	
1	2	3	4	5	
19	р.Березина – Березино	-“-	1931	1956	1883,1958
20	р.Березина – Бобруйск	-“-	1931	1956	1883,1917,1924,1932,1958
21	р.Березина – Светлогорск	-“-	1931	1956,1958	1932,1947
22	р.Сож – Славгород	-“-	1931	1956	1907,1908,1915,1929,1940,1947,1958,1962,1970
23	р.Сож – Гомель	-“-		1931,1970	1907,1908,1915,1916,1917,1956,1958
24	р.Припять – м.Любанский	весен.		1979	1999,2011,2013
		зимн.		1980-81	1980-81,1998-99
25	р.Припять – Черничи	весен.			1999,2010,2013
		летн.			1993
26	р.Припять – Петриков	весен.		1979	1931,1932,1940,1956,1958,1966,1970,1999,2013
		летн.		1974,1975	1993
		зимн.		1980-81	1947-48,1974-75,1981-82
27	р.Припять – Мозырь	весен.	1845	1888,1895,1979	1886,1889,1907,1924,1931,1932,1934,1940,1956,1958,1966,1970,1999
28	р.Пина – Пинск			1979	1928,1932,1940,1958
29	р.Ясельда – Сенин	весен.		1999	1958,1979,1981
		зимн.		1980-81,1998-99	1988-89,1990-91
30	р.Горынь – Малые Викоровичи	весен.		1956	1966,1979,1996,1999
		летн.			1948,1969,1974,1975,1977,1988,1993,1998
		зимн.			1947-48,1981-82,1997-98
31	р.Уборть – Краснобережье	весен.		1932	1934,1966,1970,1999,2013
		летн.		1993	1975,1977,1998
		зим.			1981-82

Особенности гидрометеорологических условий обусловили высокое наводнение в 1931 году. Осенью предшествующего 1930 года выпало много осадков (130-150 % от климатической нормы), отмечалось глубокое промерзание почвы, к концу зимы 1930-1931 гг. максимальные запасы воды в снеге составили 150-200% от климатической нормы. Таяние снега происходило при сравнительно высокой температуре воздуха, было дружным и в период снеготаяния выпадали осадки.

Для бассейна р. Припять катастрофическим наводнением по отметкам высоких вод явился 1845 год.

Наибольшее количество дней с опасным уровнем наблюдалось на р.Ясельда – д.Сенин (135 дней в 1980-1981 гг.), р.Птичь – д.Лучицы (54 дня в 1999 г.), р. Припять – м.Любанский (50 дней в 1980-1981 гг.).

Наиболее часто (в среднем 1 раз в 2 года) весенние наводнения наблюдаются в районе постов д.Черничи (р.Припять), г.Гомель (р.Сож), д.Малые Викоровичи (р.Горынь); 1 раз в 2-3 года – г.Петриков, г.Пинск (р.Припять), д.Краснобережье (р.Уборть), г.Лоев (р.Днепр), г.Верхнедвинск (р.Западная Двина); раз в 4-5 лет – г.Столбцы (р.Неман), г.Могилев (р.Днепр), г.Борисов (р.Березина), г.Мозырь (р.Припять), р.Птичь (д.Лучицы).

Наибольшее количество дней с опасным уровнем в бассейне р. Западная Двина отмечено в 1908, 1931, 1941, 1951, 1953, 1955, 1956, 1958, 1962, 1966, 1968, 1970, 1979, 1986, 1994, 1999, 2004, 2010 гг.; в бассейне р. Неман в 1958 г.; в бассейне р. Западный Буг – 1979г.; в бассейне р. Днепр – в 1883, 1895, 1900, 1907, 1908, 1917, 1924, 1929, 1931, 1940, 1947, 1956, 1958, 1968, 1970 гг.; в бассейне р. Березина – в 1883, 1931, 1956, 1958, 1962,

1963, 1964, 1965, 1966, 1968, 1970, 1971, 1979, 1999, 2004, 2010 гг.; в бассейне р.Сож – в 1970 г., в бассейне р.Припять – в 1931, 1941, 1958, 1970, 1979, 1980-1981, 1988-1989, 1990-1991, 1999, 2010 гг. [1,3].

За период наблюдений наибольшее превышение максимального уровня над уровнем выхода воды на пойму в бассейне р.Западная Двина 424 см в 1951 г. (р.Дисна – д.Шарковщина); в бассейне р. Неман 394 см в 1958 г. (р.Неман – г.Мосты); в бассейне р.Днепр 565 см в 1931 г. (р.Днепр – г.Лоев); в бассейне р.Березина 281 см в 1956 г. (р.Березина – г.Бобруйск); в бассейне р.Сож 504 см в 1931 см (р.Сож – г.Гомель); в бассейне р.Припять 402 см в 1895 г. (р.Припять – г.Мозырь).

Выдающиеся наводнения отмечались в бассейне р. Западная Двина в 1878, 1929, 1951, 1956 гг., в бассейне р.Неман – в 1886, 1931 гг., в бассейне р.Мухавец – в 1974, 1979 гг., в бассейне р. Днепр (включая рр.Березина, Сож) – в 1908, 1931, 1956, 1958, 1970 гг., в бассейне р.Припять – в 1888, 1895, 1931, 1932, 1958, 1974, 1979, 1999 гг (табл.1) [1,3].

Формирование высоких уровней воды в 1941 и 1951 гг. на р. Западная Двина у г. Полоцк, в 1979 г. на р.Мухавец у г.Брест связано с образованием затора льда. Наводнения в результате заторов льда для рек Беларуси редкое явление.

Появление опасного уровня в летне-осенний период и зимний отмечалось в отдельные годы только на реках бассейна р.Припять на водосборе от г. Пинска до г. Мозырь, в 1974 г. в бассейне р.Западный Буг. Паводки, которые вызывали наводнения в летний период, на р.Припять впервые отмечены в 1974 г., и затем в 1975, 1993. На правобережных притоках р. Припять на р. Горынь у д.М.Викоровичи в летний период паводки с наводнением наблюдались в 1948, 1969, 1974, 1977, 1988, 1993, 1998 гг., р.Уборть у д.Краснобережье – 1933, 1975, 1977, 1993, 1998 гг., на левобережном притоке р.Ясельда у д.Сенин – 1974, 1980, 1988, 1990, 1998 гг.

Паводки с наводнением в зимний период за период наблюдений в бассейне р.Припять отмечены зимой в 1947–1948, 1974–1975, 1980–1981 гг., в районе г.Пинска–1992–1993, 1993–1994, 1997–1998, 1998–1999гг., на р.Горынь (д.Малые Викоровичи) в 1947–1948, 1981–1982, 1997–1998гг., р.Уборть (д.Краснобережье) – в 1981–1982 гг.

Наводнения последних 20 лет относятся к категории небольших. Исключение составили 2010 г. на р.Березина (г.Борисов), р.Припять (д.Черничи), 2011 г. на р.Припять (м.Любанский), 2013 г. на р. Западная Двина (г.Полоцк,г.Верхнедвинск), р.Дисна, р.Днепр (г.Жлобин), р.Припять (м.Любанский, д.Черничи, д.Петриков), р.Горынь. Наводнения этих лет относятся к категории больших (табл. 1).

Наибольший ущерб народному хозяйству при наводнениях наносят высокие уровни воды в реках бассейна р.Припять, но в отдельные годы и в других бассейнах отмечен значительный ущерб.

Размеры ущерба при наводнениях зависит от многих причин: высоты и продолжительности стояния опасных уровней, площади затопления (весной, летом, зимой). Одним из выдающихся по размерам ущерба летне-осенних паводков был паводок осенью 1974 г. в бассейне р. Западный Буг. Зона затопления этим паводком была больше, чем в другие годы в весенний период, в частности 1962, 1970 гг.

Борьба с наводнениями частично решилась при строительстве водохранилищ в комплексе с задачами гидроэнергетики, водного транспорта и водопотребителей. К примеру, за счет регулирования стока р.Свислочь Заславским водохранилищем предотвращено периодическое затопление некоторых районов в г.Минске. На р. Припять снижается воздействие за счет проводимых мероприятий (строительство ограждающих дамб) [6].

Список использованных источников

1. Архивная база ОГХ материалов наблюдений за уровнем режимом на постах Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.
2. Гидрологический мониторинг Республики Беларусь./Под общей редакцией А.И. Полищука и Г.С. Чекана. – Минск. – 2009.

3. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод за период с 1937-2018 гг. – Минск.– 1937 – 2018.
4. Каталог опасных гидрологических явлений на реках территории Беларуси за 2010–2015 гг.
5. Нежиховский Р.А. Наводнения на реках и озерах. – Л. – 1988.
6. Стихийные гидрометеорологические явления на территории Беларуси: справочник. – Минск. – 2002.

УДК 661.183:665.7.032.5

А. Р. Цыганов, проф., д-р с.-х. наук
БГТУ, г. Минск;

А. Э. Томсон, доц., канд. хим. наук; Т. В. Соколова, доц., канд. техн. наук;
В. С. Пехтерева, науч. сотр.

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск;

А. С. Орлов, мл. науч. сотр.; С. Б. Селянина, доц., канд. техн. наук;

М. В. Труфанова, канд. хим. наук; Т. И. Пономарева, мл. науч. сотр.;

О. Н. Ярыгина, мл. науч. сотр.; И. Н. Зубов, канд. хим. наук

ФБГУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
имени академика В. П. Лаверова РАН, г. Архангельск

ГЕОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ КАК ФАКТОР ВЛИЯНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ВЕРХОВОГО ТОРФА

Торф, как один из основных компонент болотных экосистем, принимает активное участие в глобальном круговороте углерода и выполняет геобарьерные функции [1, 2]. Помимо того, он представляет собой значимый сырьевой ресурс как медленно возобновляемые органические ископаемые. Преимущественно торф рассматривается как источник энергии. Учитывая разнообразие входящих в его состав органических веществ различной природы, более перспективной следует считать комплексную химическую переработку с получением целого ряда ценных продуктов и новых материалов. Как следствие, в последние годы наблюдается заметный рост числа исследований в направлении химии торфа [2, 3].

Биогеотрансформация органических соединений в процессе торфонакопления в условиях холодного климата протекает замедленно и растянута во времени. Это сопряжено с существенным изменением химических и микробиологических режимов, а, соответственно, и механизмов гумификации. Поэтому изучение торфогенеза в условиях Севера позволяет выделить и более подробно исследовать стадии процесса. Вместе с тем, по данному вопросу встречаются только единичные публикации последних лет [4].

Расширить представления в обозначенной области позволяет сравнительный анализ (на примере Европейского Севера России и Беларуси) стратиграфических особенностей и группового химического состава органической части верхового торфа, сформированного в различных геоклиматических условиях.

В качестве объекта исследования использовали пять репрезентативных послойно усредненных образцов верхового торфа мохового типа, отобранных на разной глубине. Отбор проводили на территории грядово-мочажинного комплекса Иласского болотного массива (Архангельская обл., Приморский район). Основные растения торфообразователи – сфагновые мхи. В качестве образцов сравнения использовали торф, близкий по гидрологическим условиям формирования, ботаническому составу и степени разложения, из залежей Беларуси и Юга Архангельской области.

Полученные образцы натурального материала предварительно высушивали до воздушно-сухого состояния и просеивали на сите 2 мм. Снимки временных водных препаратов получали при помощи микроскопа Axio Scope A1 Zeiss в комплекте с цифровой камерой Canon G10.

Оценку группового компонентного состава образцов торфа проводили методом последовательной разборки с использованием растворителей различной природы. Из исходного образца последовательно выделяли: экстрактивные вещества обработкой этоксиэтаном в аппарате Сокслета, биополимеры гумусовой природы 0,1 н. раствором гидроксида натрия, легкогидролизуемые соединения 5 %-ым раствором соляной кислоты, далее в полученном остатке определяли содержание лигнина Классона и трудногидролизуемых веществ. Расчёт содержания групповых компонентов проводили весовым методом по остатку [5].

Спектры ЭПР анализируемых образцов записывались одновременно с эталонным образцом на основе порошка MgO, содержащего микропримеси ионов Mn^{2+} и Cr^{3+} , разработанным в Институте природопользования НАН Беларуси. Это позволило повысить точность определения параметров сигнала ЭПР и контролировать уровень СВЧ-мощности в рабочем резонаторе прибора. Данный эталон использовался и для определения масштаба развертки между 3 и 4 компонентами сверхтонкой структуры (СТС) спектра ионов Mn^{2+} , равному 87 Гс. В случаях, когда амплитуда высокочастотной (ВЧ) модуляции выбиралась не слишком малой по сравнению с шириной линии ΔH , вводилась поправка на амплитудное уширение. Данный эталон использовался и при расчетах g-фактора, точность его определения составляла $\pm 0,0002$. По отношению амплитуд сигналов 4-ой компоненты СТС Mn^{2+} и ионов Cr^{3+} контролировался уровень СВЧ-мощности, поступающей в резонатор. Первичным эталоном для определения концентрации парамагнитных центров (ПМЦ) служил витринит, число спинов в котором составляло $3,1 \cdot 10^{17}$ сп, а g-фактор – 2,0036.

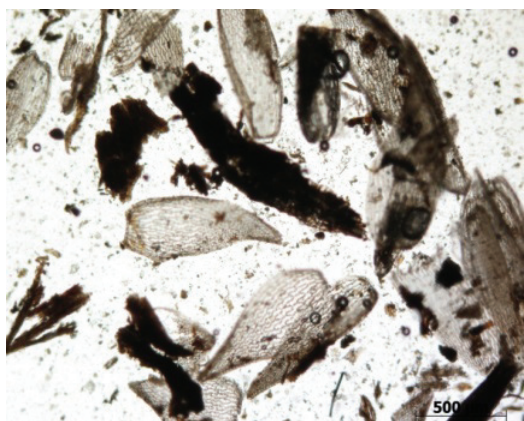
Формирование торфяной залежи – длительный процесс, который занимает сотни и тысячи лет. Условия, в которых находится торф, постоянно изменяются и зависят от времени образования. В настоящее время наиболее популярной является гидротермическая гипотеза формирования торфяных залежей, согласно которой в торфяной залежи можно выделить два принципиально отличающихся слоя торфа: верхний торфогенный слой и нижний – слой консервации, границей которых является уровень колебания грунтовых вод и аэробные условия сменяются анаэробными. Следует отметить, что для торфяных залежей, сформированных в условиях холодного климата Субарктики, можно выделить промежуточный слой, границами которого является уровень грунтовых вод и глубина промерзания торфяной залежи, и существует вероятность проникновения кислорода воздуха в зимний период. Для выбранных тестовых площадок в районе Иласского болотного массива и Кеназерского национального парка средний показатель уровня грунтовых вод составляет 25–30 см, уровень промерзания – 60–80 см.

По современным представлениям именно в верхнем относительно молодом и биологически деятельном слое в основном и происходит преобразование растительных остатков и формирование химического состава и структуры торфа. При этом ключевую роль играют климатические факторы: температурный режим и уровень осадков, определяющие биологически активный период и окислительный режим торфогенного слоя.

Согласно экспериментальным данным (рис. 1) торф, сформированный в условиях Субарктики, отличается меньшей степенью биодegradации, чем в однотипных залежах на территориях с более теплым климатом. Микрофотоснимки демонстрируют большую сохранность растительных остатков и меньшую долю бесструктурной аморфной массы в первом случае.

Согласно гидротермической гипотезе торфообразования именно в верхнем относительно молодом и биологически деятельном слое в основном и происходит преобразование растительных остатков и формирование химического состава и структуры торфа. При этом ключевую роль играют климатические факторы: температурный режим и уровень осадков, определяющие биологически активный период и окислительный режим торфогенного слоя.

Так торф, сформированный в условиях субарктического морского климата, отличается достаточно высоким содержанием фульвокислот, для него характерны фульватный и фульватно-гуматный типы гумусообразования, а также высокое содержание негидролизуемого остатка – лигнина Классона (табл. 1).



a



б

Рисунок 1 – Структура верхового торфа сформированного в различных климатических зонах: а) субарктический морской климат; б) континентальный климат

При этом у образцов с одинаковой степенью разложения можно отметить с повышением широтности некоторое увеличение доли фульвокислот в составе гумусовых кислот (табл. 1). Это свидетельствует о фульватном типе гумусообразования, что может объясняться как спецификой биосинтеза исходных растений-торфообразователей, так и особенностями биогеотрансформации растительных остатков в условиях холодного климата. Обращает на себя внимание высокое содержание негидролизуемого остатка, определяемого как лигнин Классона, в этих образцах, достигающее значений, характерных обычно для торфа с более высокой степенью разложения.

Таблица 1 – Групповой состав малоразложившегося верхового торфа, сформированного в различных климатических зонах

R, %	A, %	Содержание, % от органических веществ							Источник
		ЭВ	ГФК	ФК/ГК	ВРВ	ЛГВ	ТГВ	ЛК	
<i>Субарктический морской климат (Архангельская обл.)</i>									
5-10	0,8	4,7	14,3	3,5	0,4	39,3	22,1	19,7	*
<i>Умеренно-континентальный климат (Архангельская обл.)</i>									
10-15	1,8	5,2	33,4	Н	Н	40,9		20,5	[20]
<i>Умеренно-континентальный климат (Центральная Россия)</i>									
10-15	Н	Н	13,4	2,1	Н	Н	Н	Н	[25]
10-15	Н	0,9	30,9	0,7	16,9	31,7	8,4	20,8	[26]
5-10	Н	Н	13,4	2,0	Н	Н	Н	Н	[25]
5-10	Н	1,0	12,3	2,3	2,6	8,3	33,6	15,5	[26]
<i>Умеренно-континентальный климат, переходный к южному (Беларусь)</i>									
15-20	5,1	4,5	43,9	3,1	0,4	16,1	4,7	30,4	*
10-15	Н	4,6	35,4	1,0	7,3	42,8	8,8	6,2	[27]
10-15	1,6	Н	21,3	Н	Н	29,1	14,6	45,1	[28]
5-10	Н	4,4	12,3	Н	4,5	65,8	15,8	2,0	[2]
5-10	Н	1,6	13,8	Н	7,4	45,5	26,0	5,7	[15]
<i>Континентальный климат (Западная Сибирь)</i>									
20-25	9,3	5,1	32,0	1,8	1,4	35,7		25,8	*
5-10	1,6	4,2	30,9	1,3	4,0	46,8	7,6	6,5	[29]
5-10	Н	4,2	29,3	Н	1,4	49,5	11,0	5,9	[16]

Примечание: R – степень разложения, A – зольность, ЭВ – экстрактивные вещества, ГФК – гумусовые кислоты, ГК – гуминовые кислоты; ФК – фульвокислоты; ВРВ – водорастворимые вещества, ЛГВ – легкогидролизующие вещества, ТГВ – трудногидролизующие вещества, ЛК – лигнин Классона (негидролизующий остаток), Н – не указано в источнике. * Анализ выполнен по авторской методике [5].

Считается, что химический состав органической части торфа зависит в основном от его ботанического состава, степени разложения и геоклиматических условий формирования, однако, даже в генетически однородной залежи он в значительной мере меняется с глубиной залегания (рис. 2). Это, по-видимому, вызвано неоднородностью окислительных и микробиологических режимов. Характерно, что отмеченные изменения достаточно ярко проявляются не только в торфогенном слое, но и на глубинах ниже зоны промерзания в анаэробных условиях.

Нелинейность перераспределения групп веществ в составе органической массы торфа с глубиной залегания, по-видимому, объясняется совместным протеканием разнонаправленных деструкционных и конденсационных окислительных процессов – гумификации и минерализации. Рассматривая отдельные группы веществ, можно выделить ряд закономерностей. Например, наблюдается достаточно выраженная тенденция роста содержания экстрактивных веществ с глубиной залегания, при этом в ходе биогеохимической трансформации изменяется не только их количественное содержание, но и качественный состав, о чем говорит постепенный переход окраски от желто-зеленой (в верхнем слое) через желтовато-коричневую до коричнево-красной в нижнем слое. Схожая тенденция отмечена нами ранее для битумов, выделенных из верхового торфа при движении от более северных территорий, к более южным районам. Вероятно, чем период биологической активности длительнее, тем более интенсивно протекает трансформация битумной части органического вещества торфа.

Достаточно четко проявляется симбатное изменение содержания гумусовых кислот (ГФК) и битумов (ЭВ) с глубиной залегания (рис. 2). Можно предполагать, что таким образом проявляется образование систем межмолекулярного полисопряжения в первом случае и квазиполисопряжения во втором, придающих с одной стороны устойчивость к деградации молекулярных структур, а с другой – способствующих протеканию конденсационных процессов.

Поскольку гумификация является одним из ключевых процессов трансформации растительных остатков и формирования органической части торфа, с ростом глубины залегания и степени деградации торфа можно ожидать существенных изменений в групповом составе гумусовых веществ.

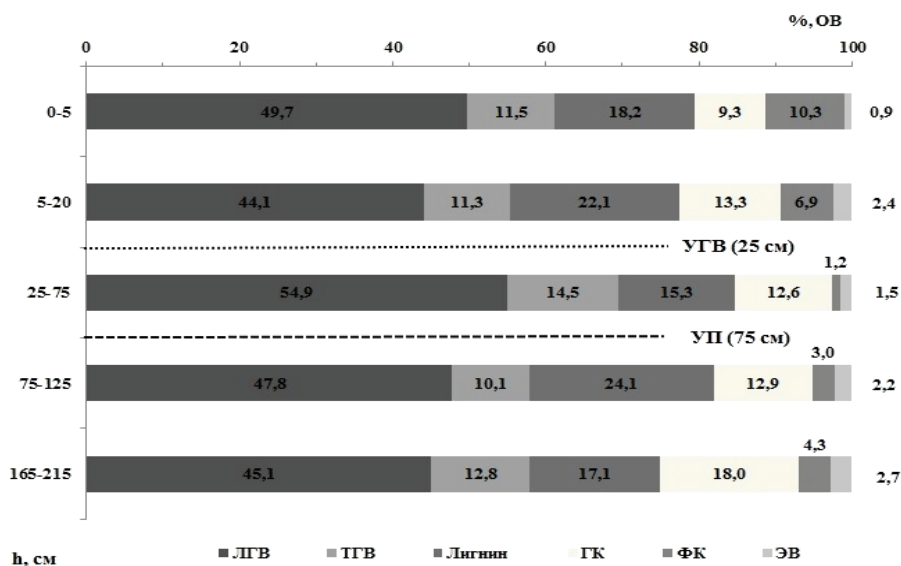


Рисунок 2 – Стратиграфическое распределение основных групповых компонентов в торфяной залежи верхового типа, расположенной в зоне субарктического климата

Из полученных данных (рис. 2) видно, что вклад гуминовых кислот в суммарное содержание гумусовых кислот увеличивается при движении вглубь залежи. Однако данная тенденция охватывает лишь торфогенный слой и зону промерзания, где происходит переход от аэробных условий к анаэробным. По-видимому, процесс окислительной конденсации

фенольных соединений, которые входят в состав фракции фульвокислот и могут выступать в качестве материала для синтеза гуминовых кислот, наиболее эффективно протекает в присутствии кислорода воздуха. Это позволяет сделать вывод о том, что гумусообразование в верхнем слое залежи с большей долей вероятности происходит по конденсационному механизму. В отношении гумификации при недостатке или практически полном отсутствии кислорода считается, что она протекает наиболее вероятно по механизму окислительного кислотообразования, в ходе которого происходит постепенная деградация органического вещества и «созревание» гуминовых кислот. Следует отметить, что в анаэробных условиях, т. е. в зоне консервации, существует вероятность протекания окислительно-восстановительных процессов за счет металлов с переменными валентностями, процессов нитрификации, сульфатредукции и метаногенеза в ходе жизнедеятельности анаэробных микроорганизмов. Выявленные закономерности требуют дополнительного рассмотрения.

Информативным методом характеристики подобных систем считается ЭПР-спектроскопия, поскольку парамагнетизм торфа и гуминовых кислот обусловлен не классическими свободными радикалами той или иной природы, а выигрышем энергии при формировании надмолекулярных ассоциатов вследствие синергического эффекта взаимодействия ароматических фрагментов и водородных связей функциональных групп. Необычную стабильность сигнала ЭПР и высокую чувствительность его параметров к структуре полисопряженных систем обуславливает делокализация неспаренного электрона, который, в отличие от классических свободных радикалов, не находится в пределах изолированного молекулярного фрагмента. Соответственно, в рассматриваемых парамагнитных ассоциатах имеет место не миграция неспаренного электрона собственно как частицы, а делокализация его спиновой плотности.

Учитывая информацию о влиянии климатических условий на состав торфяных битумов и их парамагнетизме, спектры ЭПР записывали не только у исходных, а и у обезбитуминированных образцов торфа, а также выделенных из последних гуминовых кислот (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние климатических условий и фракционирования на спектры ЭПР торфа и гуминовых кислот

Образец	$\Delta H_{0,1 \text{ мВт}}, \text{ Гс}$	$\Delta H_{50 \text{ мВт}}, \text{ Гс}$	g-фактор	$I, 10^{17} \text{ сп/г}$	A/A_0^*
<i>Субарктический морской климат (Архангельская обл.)</i>					
Исходный торф	3,1	2,8	2,0036	0,9	1,8
Торф без битумов	4,2	4,2	2,0035	3,0	2,9
Гуминовые кислоты	3,6	3,6	2,0031	3,0	1,4
<i>Умеренно-континентальный климат (Архангельская обл.)</i>					
Исходный торф	4,1	3,3	2,0035	1,6	1,6
Торф без битумов	4,1	4,4	2,0038	2,2	3,3
Гуминовые кислоты	3,9	3,9	2,0035	4,4	1,7
<i>Умеренно-континентальный климат, переходный к южному (Беларусь)</i>					
Исходный торф	3,8	3,9	2,0031	5,5	3,5
Торф без битумов	3,6	4,2	2,0035	5,2	3,6
Гуминовые кислоты	2,9	3,6	2,0033	7,8	1,6

* Отношение амплитуд сигналов, снятых при 50 и 0,1 мВт.

Следует особо отметить, что препаратами для ЭПР-спектроскопии служил торф одинаковой степени разложения ($R = 10\text{--}15\%$) и сходного ботанического состава (сфагнум торф). Принимая во внимание невысокую степень разложения исследуемых образцов верхового малозольного торфа, представляется закономерной более высокая интенсивность сигнала ЭПР гуминовых кислот по сравнению с исходным торфом. Интересно, что у образцов торфа северного региона при обезбитуминировании наблюдается повышение интенсивности и уширение сигнала ЭПР при сравнительно слабом насыщении его СВЧ-мощностью, о чем свидетельствует высокое значение параметра A/A_0 . При этом в случае субарктического морского климата фиксируется равная интенсивность сигналов ЭПР обезбитуминированного торфа и гуминовых кислот (табл. 2), что согласуется с упомянутыми выше

особенностями его группового состава. Полученные результаты можно интерпретировать следующим образом. Торфяные битумы, оказывая обволакивающее действие на основные высокомолекулярные компоненты торфяного субстрата, препятствует формированию «плоскостных» систем полисопряжения, с наличием которых связан в основном парамагнетизм торфа. Данные ЭПР–спектроскопии подтверждают изложенные выше представления о существенном влиянии климатических особенностей на процессы деградации исходных растений–торфообразователей. Специфичностью состава битумной части торфа, сформированного в условиях Европейского Севера РФ, объясняется особый эффект их воздействия на трансформацию органического вещества. Вклад битумов в процесс торфообразования обусловлен, по-видимому, их высокой обволакивающей способностью, что затрудняет межмолекулярное взаимодействие ароматических фрагментов и препятствует формированию систем полисопряжения, являющихся одним из основных структурных элементов гумусовых веществ.

Таким образом, важнейшей отличительной особенностью верхового торфа, сформированного в условиях субарктического морского климата, является низкий показатель глубины гумификации и достаточно выраженное преобладание фульватного типа гумусообразования, что обусловлено наличием особых климатических воздействий и, в частности, промерзания залежи, как фактора, оказывающего существенное влияние на формирование структуры и группового химического состава торфа. При этом окислительные режимы и кинетика процессов гумификации растительных остатков в верхних и нижних слоях залежи может существенно отличаться.

Выявлена экранирующая роль битумов при образовании межмолекулярных агрегатов ароматических компонентов торфа, которая вносит существенный вклад при гумификации растительных остатков в ходе торфонакопления и обусловлена, прежде всего, торможением формирования структур полисопряжения, являющихся основным структурным фактором гуминовых веществ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ проект № 18-05-70087

Список использованных источников

1. Орлов, Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 332 с.
2. Бамбалов, Н. Н. Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения / Н. Н. Бамбалов. – Минск: Наука и техника, 1984. – 175 с.
3. Томсон, А. Э. Торф и продукты его переработки / А. Э. Томсон, Г. В. Наумова. – Минск: Бел. наука, 2009. – 280 с.
4. Компонентный состав и структурная организация торфа болотных массивов Европейского севера России / Л. Н. Парфенова [и др.]// Вестник САФУ. – Сер. Естественные науки. – 2014. – № 4. – С. 143–154.
5. Методика измерений группового химического состава торфа гравиметрическим методом: свидетельство об аттестации № 88-16365-009-RA.RU.310657-2017. – Архангельск, 2017. – 20 с.

УДК 35.073.515.4:

Г.И. Глазачева, Т.А. Курлович
РУП «Бел НИЦ «Экология»

ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ИТОГАМ ОБРАБОТКИ ФОРМЫ ГОССТАТОТЧЕТНОСТИ 1-ВОЗДУХ (МИНПРИРОДЫ)

Оценка выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников на основании анализа официальной статистической информации о выбросах в территориально-административном разрезе (республика, область (г. Минск), район, город)

позволяет более обоснованно решать задачи по регулированию воздействия на атмосферный воздух и принимать необходимые организационные и технологические решения для снижения уровня негативного воздействия на атмосферный воздух. Статистическая информация о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух основана на обработке данных ежегодного государственного статистического наблюдения по форме 1-воздух (Минприроды) «Отчет о выбросах загрязняющих веществ и диоксида углерода в атмосферный воздух от стационарных источников выбросов».

В настоящем сообщении рассмотрена динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух Брестской области за 2014-2017 гг.; проанализированы структура выбросов, основные загрязняющие вещества по ингредиентам, специфические загрязняющие вещества по классам опасности; освещены вопросы очистки и обезвреживания загрязняющих веществ, а также использование загрязняющих веществ, уловленных газоочистными установками; приведены удельные выбросы (в расчете на одного жителя и на кв. км территории); дана оценка выбросов загрязняющих веществ по видам экономической деятельности.

В структуре выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух Республики Беларусь за 2017 год Брестская область составляет всего 11,2 % (50,6 тыс. т), т.е. в 2 раза меньше по объему выбросов Гомельской области и в 2,8 раза больше выбрасываемых загрязняющих веществ в атмосферу г. Минска (рисунок 1) [1].

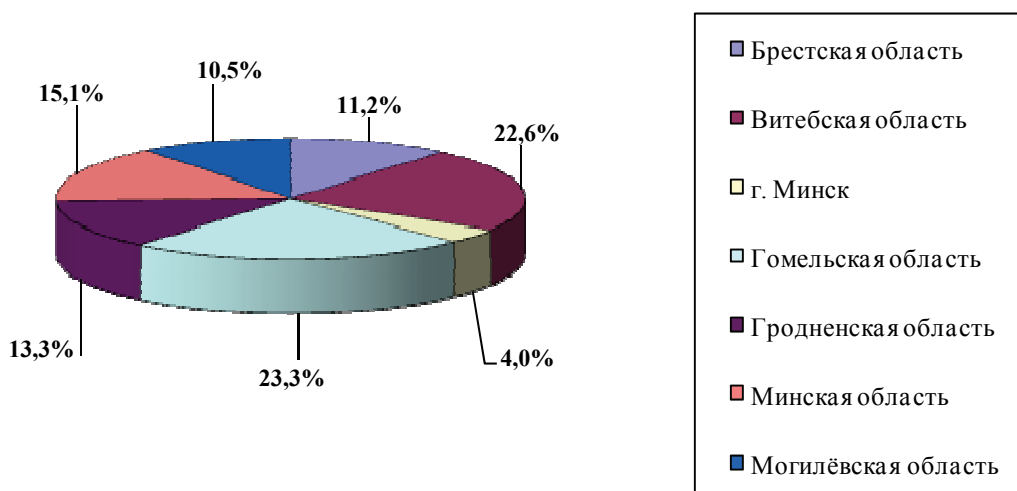


Рисунок 1 – Выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников по областям (г. Минск) в 2017 г.

Основные показатели, характеризующие выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников. Динамика основных показателей, характеризующих выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников по Брестской области за период 2014–2017 гг. в натуральном и процентном выражении представлена в таблице 1 [1,2].

Анализ представленных данных показал, что начиная с 2014 г. наблюдается снижение основных показателей, характеризующих выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. В 2017 г. по отношению к 2014 г. уменьшилось количество загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников (на 3,8%), объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (на 2,3%), а также величина уловленных и обезвреженных загрязняющих атмосферный воздух веществ, отходящих от стационарных источников (на 4,7%) (рисунок 2).

В 2017 г. по Брестской области по форме госстатотчетности 1–воздух (Минприроды) отчиталось 352 предприятия, что на 16 предприятий меньше, чем в 2014г. Количество учтенных стационарных источников увеличилось в 2017 г. на 2126 и составило 20492 единиц. Как и в предыдущие годы данные по госстатотчетности в 2017 г. предоставлялись предприятиями преимущественно по организованным источникам, число которых увели-

чилося по сравнению с 2014 г. на 1210 единиц. Количество стационарных источников выбросов, оснащенных установками очистки газов, уменьшилось на 112 единиц.

Таблица 1 – Основные показатели, характеризующие выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников по Брестской области, тыс. т

Основные показатели	2014	2015	2016	2017
Количество загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников, тыс. т	153,9	129,2	139,8	148,0
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников, тыс. т	51,8	50,3	51,5	50,6
Уловлено и обезврежено загрязняющих атмосферный воздух веществ, отходящих от стационарных источников, тыс. т	102,1	78,9	88,3	97,3
Удельный вес уловленных и обезвреженных загрязняющих атмосферный воздух веществ в общем количестве загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников, %	66,3	61,1	63,1	65,8
Сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух после проведения мероприятий по уменьшению выбросов, тыс. т	0,5	0,2	0,4	0,5

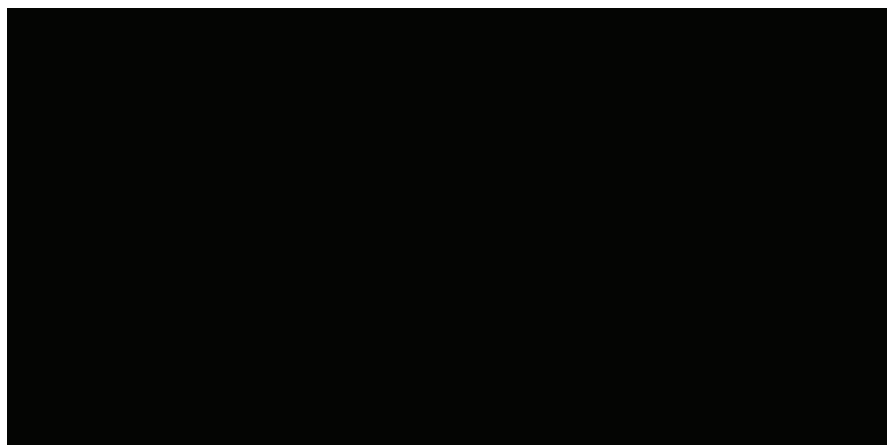


Рисунок 2 – Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников по Брестской области, тыс. т

Объем выбросов от стационарных источников по Брестской области в 2017 г, согласно статистической отчетности, составил 50,6 тыс. т, в том числе от технологических и других процессов – 42,4 тыс. т, от сжигания топлива – 8,2 тыс. т, от использования, обезвреживания отходов – 0,001 тыс. т, что составляет 83,8%, 16,2% и 0,002% соответственно. По сравнению с 2014 г. доля выбросов от технологических и других процессов в 2017 г. увеличилась на 0,7 % (рисунок 3).

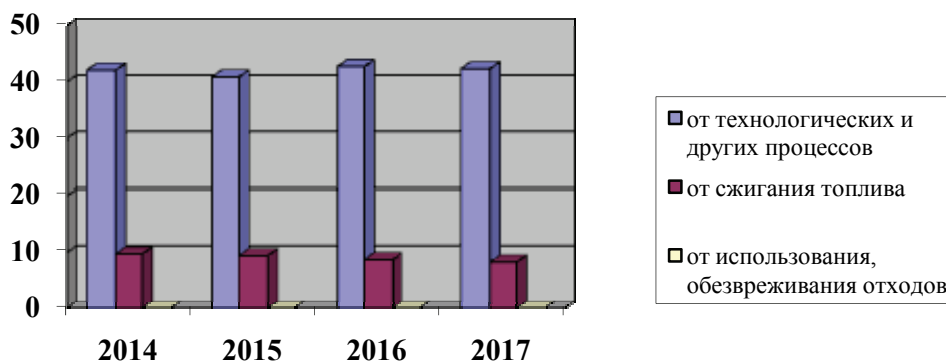
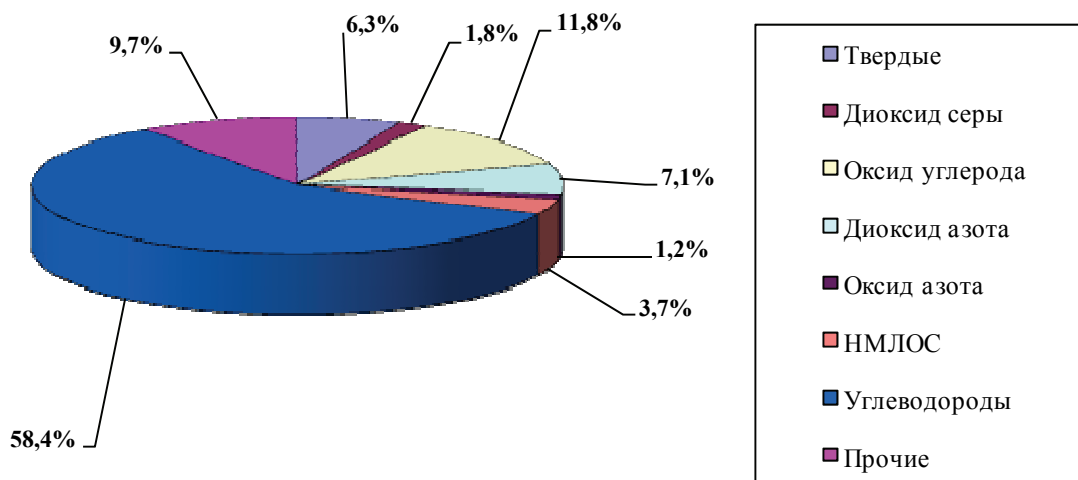


Рисунок 3 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух по Брестской области от технологических и других процессов; от сжигания топлива; от использования, обезвреживания отходов, тыс. т

В 2014 – 2017 гг. валовые выбросы загрязняющих веществ по Брестской области находились в диапазоне 50,3 – 51,8 тыс. т. В 2017 г. по сравнению с 2014 г. объем выбросов снизился на 2,3% [1].

Выбросы основных загрязняющих веществ. В составе выбросов загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу Брестской области в 2017 г., углеводороды составляют 58,4 %, оксид углерода – 11,8 %, диоксид азота – 7,1 %, твердые вещества – 6,3 %, НМЛОС – 3,7 %, диоксид серы – 1,8%, оксид азота – 1,2 %, прочие – 9,7% (рисунок 4).

Динамика выбросов по основным ингредиентам показывает, что наблюдается постепенное снижение выбросов отдельных загрязняющих веществ по отношению к 2014 г.: твердых веществ с 4,3 до 3,2 тыс. т, оксида углерода с 6,2 до 6,0 тыс. т, диоксида серы с 1,3 до 0,9 тыс. т, азота диоксида с 3,8 до 3,6 тыс. т, НМЛОС с 2,4 до 1,9 тыс. т, прочих веществ с 5,3 до 4,9 тыс. т; при этом увеличились выбросы углеводородов с 28 до 29,6 тыс. т (таблица 2) [1].



Ри

суюнок 4 – Структура выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух Брестской области в 2017 г.

Таблица 2 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников по отдельным ингредиентам по Брестской области

	2014	2015	2016	2017
Всего	51,8	50,3	51,5	50,6
в том числе:				
твердые	4,3	3,3	3,2	3,2
диоксид серы	1,3	1,3	1,2	0,9
оксид углерода	6,2	5,5	5,5	6,0
диоксид азота	3,8	4,0	3,7	3,6
оксид азота	0,6	0,7	0,6	0,6
углеводороды	28,0	28,8	30,7	29,6
неметановые летучие органические соединения	2,4	1,9	1,5	1,9
прочие	5,3	4,8	5,1	4,9

Выбросы специфических веществ. В 2017 г. по Брестской области было выброшено 39546,6 т специфических загрязняющих веществ, в том числе загрязняющих веществ 1 класса опасности – 2,7 т, 2 класса опасности – 150,0 т, 3 класса опасности – 3292,8 т, 4 класса опасности – 35794,8 т, загрязняющих веществ с неустановленным классом опасности – 306,2 т (рисунок 5).

В структуре выбросов веществ 1-го класса опасности наибольшее количество свинца и его неорганических соединений – 12,1%, никеля и его соединений – 9,9%, хрома (VI) – 4,9 %, ртути и ее соединений (в пересчете на ртуть) – 4,0 %; прочие веществ 1-го класса опасности составляют 69,1%.

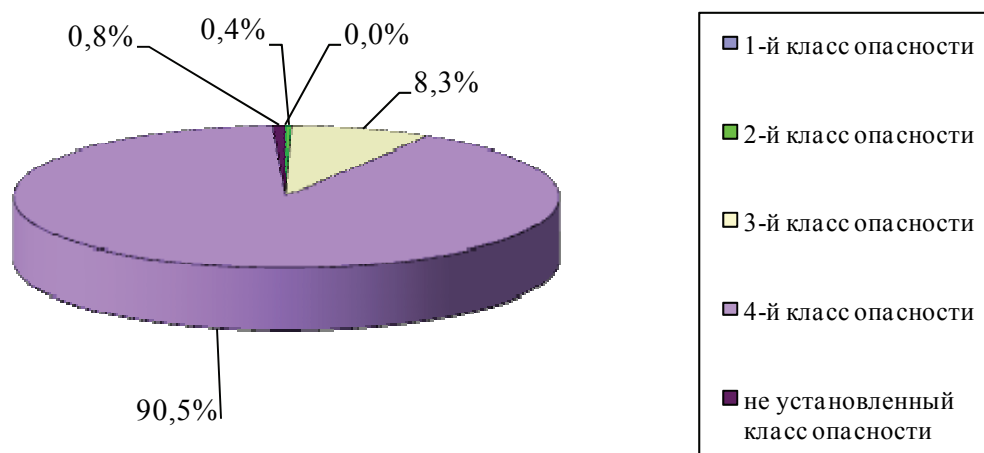


Рисунок 5 – Распределение выбросов специфических загрязняющих веществ по классам опасности по Брестской области в 2017 г.

Среди веществ 2-го класса опасности сероводород составляет 26,4%, углеводороды ароматические – 20,5%, формальдегид (метаналь) – 11,1%, фенол (гидроксибензол) – 7,4%,; прочие вещества 2-го класса опасности – 34,6 %.

Из веществ 3-го класса опасности твердые частицы суммарно – 60,2 %, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния менее 70 % – 20,9%, пыль древесная – 3,8%; прочие вещества 3-го класса опасности составляют 15,1%.

Наибольшее количество веществ 4-го класса опасности составляют метан – 82,6%, аммиак – 13,3%, углеводороды предельные алифатического ряда $C_1 - C_{10}$ – 2,3%, пропан-2-он (ацетон) – 0,7%, прочие вещества 4-го класса опасности – 1,1 %.

Среди веществ, которым не установлены классы опасности – пыль комбикормовая (в пересчете на белок) – 2,6%; 2-этоксиэтанол (этиловый эфир этиленгликоля, этилцеллозольв) – 1,9 %; прочие вещества, которым не установлены классы опасности, составляют 95,5% [2].

Очистка выбросов, использование уловленных и обезвреженных загрязняющих веществ. Анализ данных госстатотчетности показывает, что по Брестской области наблюдаются незначительные колебания количества уловленных и обезвреженных загрязняющих атмосферный воздух веществ, отходящих от стационарных источников: 61,1 % – 65,8 % (таблица 3).

Таблица 3 – Уловлено и обезврежено загрязняющих атмосферный воздух веществ, отходящих от стационарных источников по Брестской области

	Ед. изм.	2014	2015	2016	2017
Уловлено и обезврежено загрязняющих веществ	тыс. т	102,1	78,9	88,3	97,3
	в % от отходящих от стационарных источников	63,3	61,1	63,1	65,8

По сравнению с аналогичным показателем по республике он значительно ниже. Так в республике около 90 % загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников, улавливается и обезвреживается на газоочистных установках. В 2017 году было уловлено и обезврежено 85,2 % загрязняющих веществ, в том числе: 98,9 % – твердых веществ, 26,7% – газообразных и жидких веществ [1].

В таблице 4 представлены данные по Брестской области по использованию загрязняющих веществ, уловленных газоочистными установками. Наблюдаются значительные колебания в диапазоне 67,4 % – 82,6 %. В тоже время по республике – незначительные изменения (87,4% – 92,9% к общему объему уловленных и обезвреженных загрязняющих веществ). Достаточно стабилен этот показатель для Минской – (95,4% – 97,8%), Могилевской – (96,6% – 98,8%) и Гродненской (95,3 % – 96,9%) областям (таблица 4).

**Таблица 4 – Использовано загрязняющих веществ,
уловленных газоочистными установками по Брестской области**

	Единица. измерения	2014	2015	2016	2017
Использовано загрязняющих веществ	тыс. т	84,3	63,2	68,6	65,6
	в % к общему объему уловленных и обезвреженных загрязняющих веществ	82,6	80,0	77,7	67,4

Удельные выбросы. В пересчете на душу населения в 2015–2017 гг. удельный валовый выброс от стационарных источников составил по республике 48 кг/чел. По Брестской области этот показатель – 36–37 кг/чел. Самое низкое значение удельного выброса отмечается в г. Минске (9 кг/чел.).

На уровне областей самые высокие значения установлены для Витебской (94 кг/чел.) и Гомельской (74 кг/чел.) областей (таблица 5).

**Таблица 5 – Удельные выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух
от стационарных источников по Брестской области**

	2014	2015	2016	2017
Выбросы на 1 жителя, кг	37	36	37	37
Выбросы на 1 кв. км территории, т	1,6	1,5	1,6	1,6

**Таблица 6 – Выбросы загрязняющих веществ по видам
экономической деятельности по Брестской области**

Вид экономической деятельности	Выбросы загрязняющих веществ, тыс. т			
	2014	2015	2016	2017
Сельское, лесное и рыбное хозяйство	30,2	31,1	31,9	30,3
Обрабатывающая промышленность	7,1	9,9	6,0	6,9
Снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом	10,3	5,8	8,0	7,4
Водоснабжение; сбор, обработка и удаление отходов, деятельность по ликвидации загрязнений ¹	–	–	1,6	1,5
Транспортная деятельность, складирование, почтовая и курьерская деятельность	1,1	1,6	1,9	2,7
Строительство	1,2	0,8	0,8	0,8
Прочие виды экономической деятельности	1,9	1,1	1,3	1,0
<i>Итого:</i>	51,8	50,3	51,5	50,6

¹ В 2014-2015 гг. не выделялось в отдельный вид деятельности

Величина удельного валового выброса, рассчитанная на единицу площади республики, в 2017 г. составила 2,2 т/км², изменяясь от 1,5 т/км² (для Брестской области) до 52,6 т/км² (г. Минск). Для остальных областей этот показатель находился в пределах от 1,5 т/км² до 2,6 т/км²

Выбросы загрязняющих веществ по видам экономической деятельности. Анализ данных, представленных ниже, показал, что в 2017 г. основными видами деятельности, оказывающими влияние на атмосферный воздух Брестской области являются сельское, лесное и рыбное хозяйство (59,9 %); снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом (14,6%); обрабатывающая промышленность (13,6 %); на остальные виды экономической деятельности приходится 11,9% (таблица 6, рисунок 6) [1].

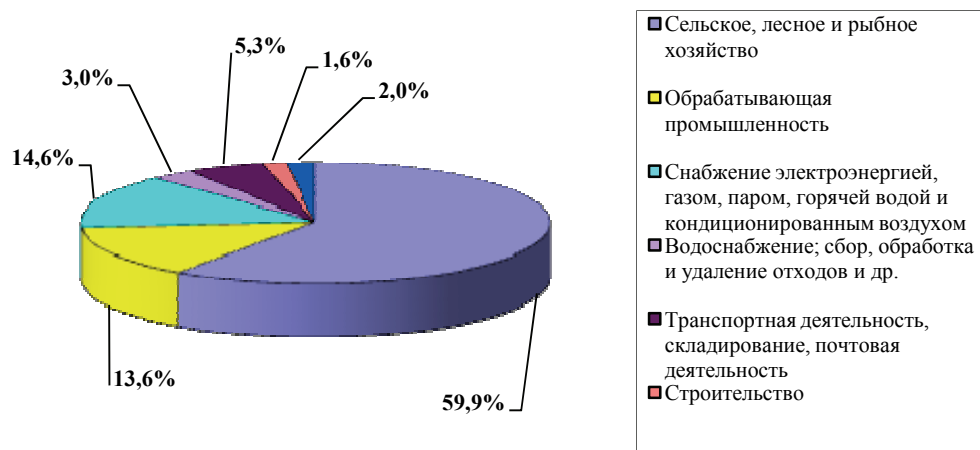


Рисунок 6– Структура выбросов загрязняющих веществ по видам экономической деятельности по Брестской области, 2017 г.

Список использованных источников

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь: стат. сб.// Нац.стат. комитет Респ. Беларусь. Минск, 2018.
2. Информационный ресурс. Государственный кадастр атмосферного воздуха. 2018.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ. ВОДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

УДК 541.183.5 : 661.184.23

А.Р. Цыганов, первый проректор, д-р с/х. наук, профессор, академик НАН Беларуси
БГТУ, г. Минск;

А.С. Панасюгин, канд. хим. наук

ф-л БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт», г. Минск;

А.И. Теран, асп.

кафедра «Водоснабжения и водоотведения», БНТУ, г. Минск;

Н. П. Машерова, канд. хим. наук, доц.

Военная академия РБ, г. Минск;

В.А. Ломоносов, канд. хим. наук

ГО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по материаловедению», г. Минск

КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ИОНОВ Fe^{3+} , Cu^{2+} И Pb^{2+} ФИЛЬТРУЮЩИМИ ЗАГРУЗКАМИ, СОДЕРЖАЩИМИ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫЕ ШЛАКИ

Интенсивное развитие промышленности приводит к значительному росту различных типов отходов в частности сталеплавильных шлаков, что характеризуется высокой антропогенной нагрузкой на окружающую среду из-за несовершенства технологических процессов и накопления огромного количества данного класса отходов, что в свою очередь делает более сложным обеспечение экологической безопасности прилегающих территорий [1].

С экономической точки зрения сталеплавильные шлаки могут рассматриваться как потенциальное вторичное сырье и составляющих компонентов при производстве строительных материалов: портландцементного клинкера, керамзита, кирпича, асфальтобетона, а также фильтрующих материалов для очистки сточных вод предприятий машиностроительного профиля при соответствующем технологическом и нормативном обеспечении [2].

Внедрение малоотходных технологий стимулирует реализацию мероприятий по охране окружающей среды: выявление ресурсной ценности и полезных свойств металлургических шлаков, обоснование целесообразности их использования в качестве фильтрующих материалов.

Целью данной работы – было проведение исследований по определению кинетических параметров при концентрировании ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} фильтрующими загрузками, содержащими сталеплавильные шлаки.

Методика проведения эксперимента. Кинетические параметры при концентрировании ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} фильтрующими загрузками определяли следующим образом, к навескам исследуемого материала помещенного в колбы с притертыми пробками приливали по 100 мл растворов содержащих ионы Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} , с концентрациями приведенных в таблице 1.

Затем через 5, 10, 20, 60, 120, 180, 360 и 540 минут, отбирали аликвоты, в которых определяли остаточное содержание Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} на спектрометре SolarPV1251С по методикам [3–5].

Таблица 1 – Исходные концентрации ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+}

№, п.п.	Ион	Мг/дм ³	Мг-экв/дм ³
1.	Fe^{3+}	20,0	1,07
2.	Cu^{2+}	20,0	0,625
3.	Pb^{2+}	20,0	0,13

Результаты и их обсуждение. На рисунке 1 представлены изотермы концентрирования (C) ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} фильтрующей загрузкой, полученной на основе шлака.

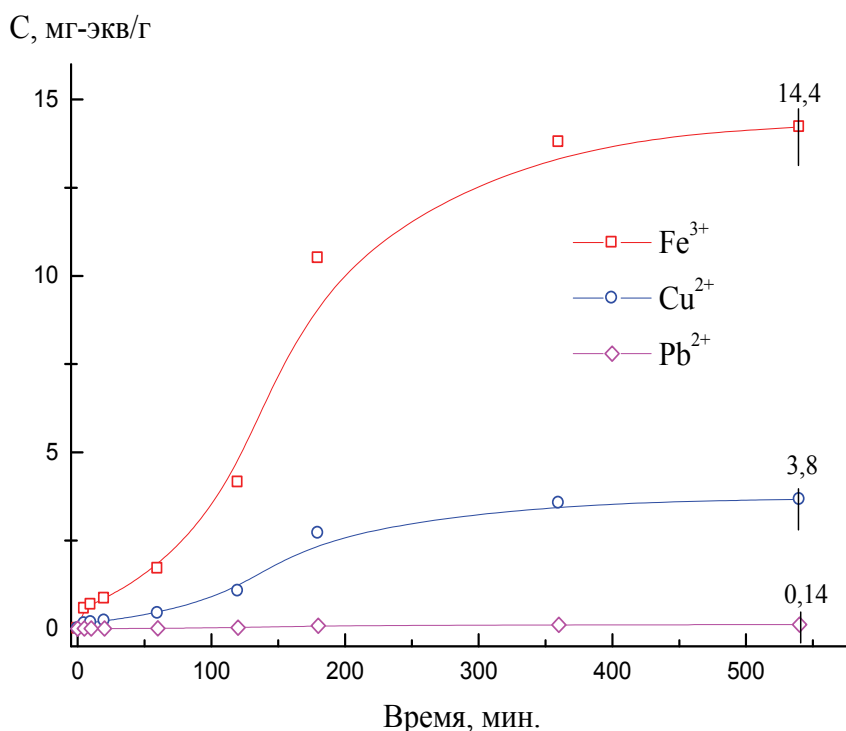


Рисунок 1 – Изотермы концентрирования (C) растворов ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} фильтрующей загрузкой, полученной на основе шлака

Как видно из представленных на рисунке 1 данных, количество осаждаемых ионов на фильтрующей загрузке в ряду изменяется следующим образом $\text{Fe}^{3+} \gg \text{Cu}^{2+} \gg \text{Pb}^{2+}$, что составляет 14,4; 3,8 и 0,14 мг-экв/г соответственно различие в сравнении с ионами Fe^{3+} для Cu^{2+} – 3,7 раза, для $\text{Pb}^{2+} \approx 10$ раз. Данное обстоятельство обусловлено, прежде всего, коллоидно-химическим состоянием ионов в водных растворах. В более ранних работах, где изучались параметры извлечения Fe^{3+} на фоне общего солесодержания 500 мг/дм^3 и Fe^{3+} до $50\text{--}60 \text{ мг/дм}^3$, было показано, что при гидролизе разбавленных растворов солей Fe (III) в составе гидрокскомплексов может находиться от 1 до 50 ионов железа (III). Следовательно, железо (III) находится в предкоагуляционном состоянии, и достаточно одного осаждающего иона, чтобы связать сразу несколько ионов железа (III). Поэтому взаимодействие больших количеств кислого раствора Fe^{3+} с силикатом кальция практически не снижает щелочность сорбента.

При описании процесса осаждения (концентрирования), учитывая его сложный характер, необходимо знание механизма и кинетических характеристик его отдельных стадий. Описание кинетики осаждения на основе формально-кинетического анализа позволяет учесть вклад диффузии и химических реакций, а также определить кинетические параметры.

На рисунке 2 представлена зависимость F от времени осаждения (концентрирования), где $F = C_R / C_{\text{max}}$, C_R – осаждающая способность материала за определенное время контакта (t); C_{max} – максимальное концентрирование.

С целью выявления лимитирующей стадии сорбции проанализирована типовая зависимость $F - t^{0,5}$ (рисунок 3).

При обработке кинетических кривых использовали упрощенные модели, учитывающие, что скорость процесса может контролироваться диффузией либо протеканием химических реакций. Применение формально-кинетического подхода при выборе модели, описывающей экспериментальные кинетические данные осаждения на основе закономерности $g(\alpha) = f(\tau)$ где $\alpha = 1 - F$, позволило определить механизм осаждения на отдельных стадиях процесса и кинетические характеристики.

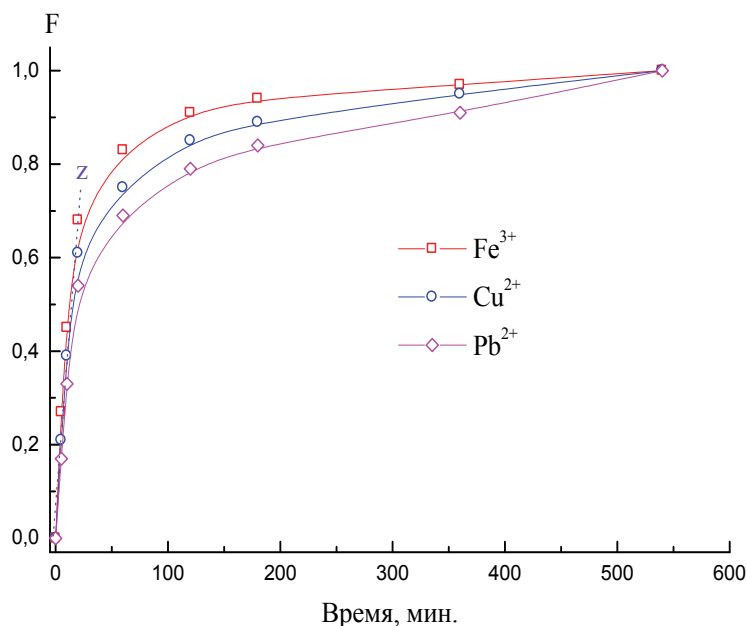


Рисунок 2 – Кинетическая зависимость степени концентрации (F) от времени контакта растворов ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} с фильтрующей загрузкой, полученной на основе шлака

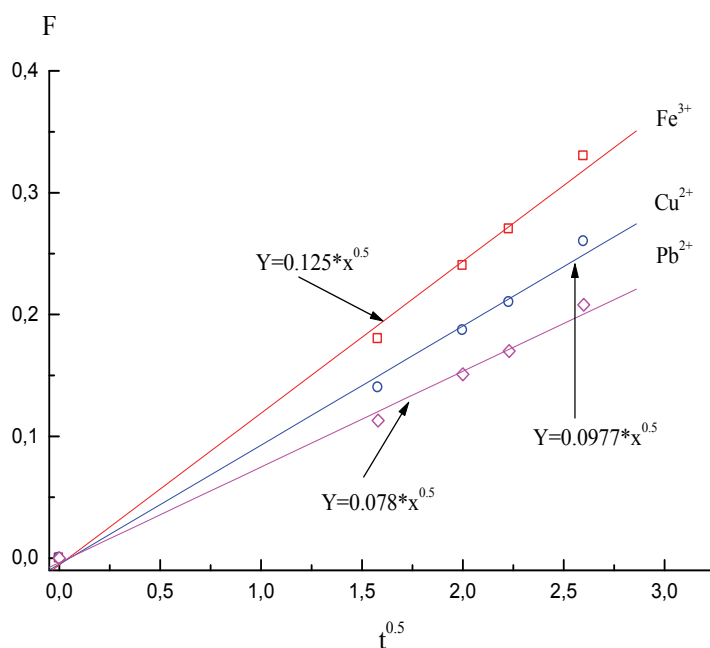


Рисунок 3 – Зависимость $F - t^{0.5}$ при концентрировании ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+}

Вид функции $g(\alpha)$ зависит от механизма процесса и, как правило, заранее неизвестен. Для каждой установленной стадии, соответствующей определенному интервалу α , выбирали такую функцию $g(\alpha)$, соответствующую определенной кинетической модели, которая представляет идеализированное протекание процесса.

В таблице 2 представлены механизмы с соответствующими видами функции $g(\alpha)$.

Из совокупности уравнений были выбраны те, которые в заданной области степени завершения процесса давало минимальное значение дисперсии, то есть описывало процесс в системе на данном этапе с максимальной вероятностью. С учетом области применимости были выбраны три модели, которые наиболее соответствуют реальным процессам

С учетом того, что в ходе на наш взгляд было рационально принять во внимание представленную на рисунке 4 модель формирования осадка, где представлена схема развития реакционной зоны на границе раздела фаз.

Таблица 2 – Возможные механизмы процесса осаждения

№, п.п.	Механизм	Вид функции $g(\alpha)$
1.	Трёхмерная диффузия	$[1-(1-\alpha)^{1/3}]^2$
2.	Диффузия по Гинстлингу-Броунштейну	$[1-2/3 \alpha -(1-\alpha)^{2/3}]$
3.	Диффузия по Журавлёву-Темпельману	$[1/(1-\alpha)^{1/3}]^2$
4.	Реакция на границе раздела фаз	$1-(1-\alpha)^{1/3}$
5.	Зародышеобразование по Авраами-Ерофееву	$-\lg(1-\alpha)^{1/n}$
6.	Зародышеобразование по Прауту-Томпкинсу	$\ln[\alpha(1-\alpha)]^{1/2}$

В данном случае, когда реакция протекает в кинетической области, топохимическую реакцию можно представить как последовательность следующих стадий:

- 1) образование отдельных молекул или элементарных ячеек продукта реакции на поверхности раздела фаз;
- 2) возникновение отдельных зародышей (ядер) фазы продукта реакции (рисунок 4, t_2);
- 3) рост ядер вплоть до смыкания их (рисунок 4, t_3), образование на поверхности исходного вещества сплошного продукта реакции;
- 4) рост сплошного слоя продукта реакции и поверхности еще не прореагировавшего вещества (рисунок 4, t_4).

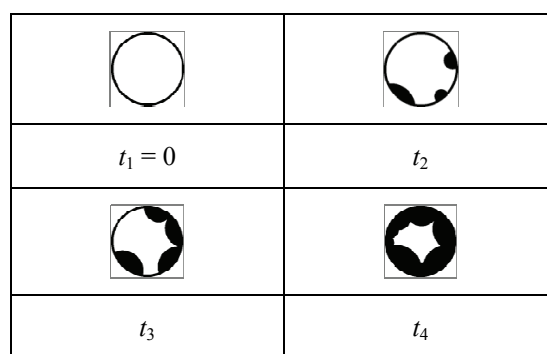


Рисунок 4 – Схема развития реакционной зоны на разделе фаз

Процесс осаждения на начальном этапе лимитирует химическая стадия зародышеобразования (формирование кристаллического осадка), далее – реакции на границе раздела фаз (образование на поверхности зародышей сплошного слоя продуктов реакции), а на заключительной стадии – рост сплошного слоя продуктов реакции.

Выявлено, что процесс осаждения на начальном этапе лимитирует химическая стадия зародышеобразования (формирование кристаллического осадка), далее – реакции на границе раздела фаз (образование на поверхности зародышей сплошного слоя продуктов реакции), а на заключительной стадии – рост сплошного слоя продуктов реакции.

Таким образом, для всех ионов интервалах α от 0.10 до 0.67 процесс описывается уравнением Авраами-Ерофеева: $g(\alpha) = -\lg(1-\alpha)^{1/n}$. Значение n , равное 3, позволяет говорить о замедлении кинетической стадии химического процесса.

В интервалах α от 0.54 до 0.94 процесс характеризуется реакциями на границе раздела фаз и соответствует уравнению $1-(1-\alpha)^{1/3}$, и как отмечалось выше образованию на поверхности зародышей сплошного продуктов реакции.

В интервале α от 0.83 до 0.99 процесс обусловлен реакциями на границе раздела фаз по уравнению $[1-(1-\alpha)^{1/3}]^2$, ростом сплошного слоя продуктов реакции.

Значения кинетических характеристик для конкретных ионов (Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+}) представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Кинетические параметры процесса осаждения

Ион	Интервал α	Вид функции $g(\alpha)$
Fe^{3+}	0,10–0,67	$-\lg(1-\alpha)^{1/n}$
	0,67–0,94	$1-(1-\alpha)^{1/3}$
	0,94–0,99	$[1-(1-\alpha)^{1/3}]^2$
Cu^{2+}	0,10–0,61	$-\lg(1-\alpha)^{1/n}$
	0,61–0,88	$1-(1-\alpha)^{1/3}$
	0,88–0,99	$[1-(1-\alpha)^{1/3}]^2$
Pb^{2+}	0,10–0,54	$-\lg(1-\alpha)^{1/n}$
	0,54–0,83	$1-(1-\alpha)^{1/3}$
	0,83–0,99	$[1-(1-\alpha)^{1/3}]^2$

Таким образом, в ходе выполнения исследований, что процесс осаждения на начальном этапе лимитирует химическая стадия зародышеобразования (формирование кристаллического осадка), далее – реакции на границе раздела фаз (образование на поверхности зародышей сплошного слоя продуктов реакции), а на заключительной стадии – рост сплошного слоя продуктов реакции.

Список использованных источников

1. Ляшко И.И. Логистические принципы разработки стратегии управления вторичными ресурсами // Сборник научных статей XIII международной научно-практической конференции «Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов». УрГНТЦ «Энергосталь». – Харьков: Райдер, 2005. – С. 188-193.
2. Амитан В.Н, Потапова Н.Н Региональные аспекты управления ресурсосбережением // Менеджер. Вестник ДонГАУ. – 2002. – С. 115-120
3. Методика № 2.2.16.2 МВИ концентрации железа фотометрическим методом с о-фенантролином// Сборник методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь, ч.2. г Минск, 1997 г., с. 205-209.
4. Методика № 2.2.29.1 МВИ концентрации меди фотометрическим методом с диэтилдитиокарбаматом свинца// Сборник методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь, ч.1. г Минск, 1997 г., с. 203-209.
5. Методика № 2.1.32.2 МВИ концентрации свинца фотометрическим методом с дитиозоном// Сборник методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь, ч.2. г Минск, 1997 г., с. 155-158.

УДК 502.5

В. В. Смелов¹, М. П. Оношко², А. А. Захаров³

¹ Белорусский государственный технологический университет

² Филиал «Институт геологии» Государственного предприятия «НПЦ по геологии»

³ Институт природопользования национальной академии наук Беларуси

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ПРОЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ

Совместно с Республиканским унитарным предприятием «Научно-производственный центр по геологии» командой разработчиков кафедры ИСИТ БГТУ выполнена опытно-

конструкторская работа, представляющая собой программное средство для прогнозирования последствий инцидентов, связанных с проливом нефтепродуктов

Цель создания экспертной системы – поддержка принятия решений по выбору оптимальных с точки зрения экологической и экономической эффективности технологий реабилитации геологической среды. Экспертная система может применяться широким кругом пользователей: от руководителей объектов, где происходит обращение с нефтепродуктами и возникает возможность загрязнений, до сотрудников соответствующих ведомств, таких как органы по борьбе с чрезвычайными ситуациями, охраны природы и пр.

Система предназначена оценки значения степени загрязнения грунта и грунтовых вод, классификации прогнозируемого состояния геологической среды и определения технологий ее реабилитации. Разработана математическая модель загрязнения геологической среды в результате пролива нефти и нефтепродуктов, с учетом характеристик нефтепродукта, особенностей грунта и времени существования загрязнения. Модель позволяет рассчитать глубину проникновения нефтепродуктов в грунт, адсорбированную грунтом массу нефтепродукта и его концентрацию, остаточную массу нефтепродукта, способную достичь грунтовых вод, рассчитать время достижения максимальной концентрации на уровне грунтовых вод и описать горизонтальное перераспределение нефтепродукта с грунтовыми водами.

В состав экспертной системы входят шесть модулей, четыре из которых являются реализацией математической модели, позволяющей рассчитать объем и скорость проникновения нефтепродуктов в различные типы грунта и грунтовые воды, а также два справочных модуля. Первый модуль «П» (модуль прогнозирования) получает исходные данные о количестве, типе и месте разлива нефтепродукта. В результате работы этого модуля формируется отчет, который помещается в базу данных. Модуль «Р» (модуль оценки прогнозируемого состояния) получает данные из предыдущего модуля и сравнивает значения результата прогноза с нормативами предельно-допустимых концентраций. Модуль «С» (модуль классификации прогнозируемого состояния) предназначен для классификации состояний геологической среды. Модуль «Т» (модуль выбора технологий реабилитаций) формирует финальный отчет, который содержит перечень технологий реабилитации.

Модули О и Н представляют собой справочные системы, предназначенные для хранения информации о техногенных объектах, деятельность которых связана с обращением с нефтепродуктами и информации о химическом составе нефтепродуктов соответственно.

Модули П, Р, С и Т являются реализацией математической модели, позволяющей спрогнозировать последствия инцидента, связанного с проливом нефтепродуктов (модуль П), оценить (сравнить с нормативными значениями) прогнозируемые значения степени загрязнения грунта и грунтовых вод (модуль Р), а также классифицировать прогнозируемое состояние геологической среды (модуль С) и предложить технологии и технические средства для реабилитации геологической среды (модуль Т). Каждый из этих модулей в своей работе использует справочную информацию, представленную в виде электронных справочников и формирует отчет, содержащий рассчитанные прогнозируемые значения.

Принцип взаимодействия модулей изображен на рисунке 1.

Работа модулей П, Р, С и Т осуществляется в последовательности, которая отображена штриховой линией с цифровыми отметками, отображающими номер этапа обработки данных в экспертной системе.

На первом этапе выполняется модуль П, позволяющий ввести исходные данные, описывающие инцидент и выполнить вычисления для прогнозирования его последствия. Результаты работы модуля П могут быть получены в виде отчета, а также сохранены в БД для последующего применения другими модулями.

Исходными данными для модулей Р, С и Т являются результаты работы модуля на предшествующим им этапе. Так исходными данными для модуля Р является результат выполнения модуля П, исходными данными для модуля С – результат работы модуля Р, а для модуля Т – результаты работы модуля С. На каждом этапе может быть получен отчет, отражающий результаты соответствующих вычислений.

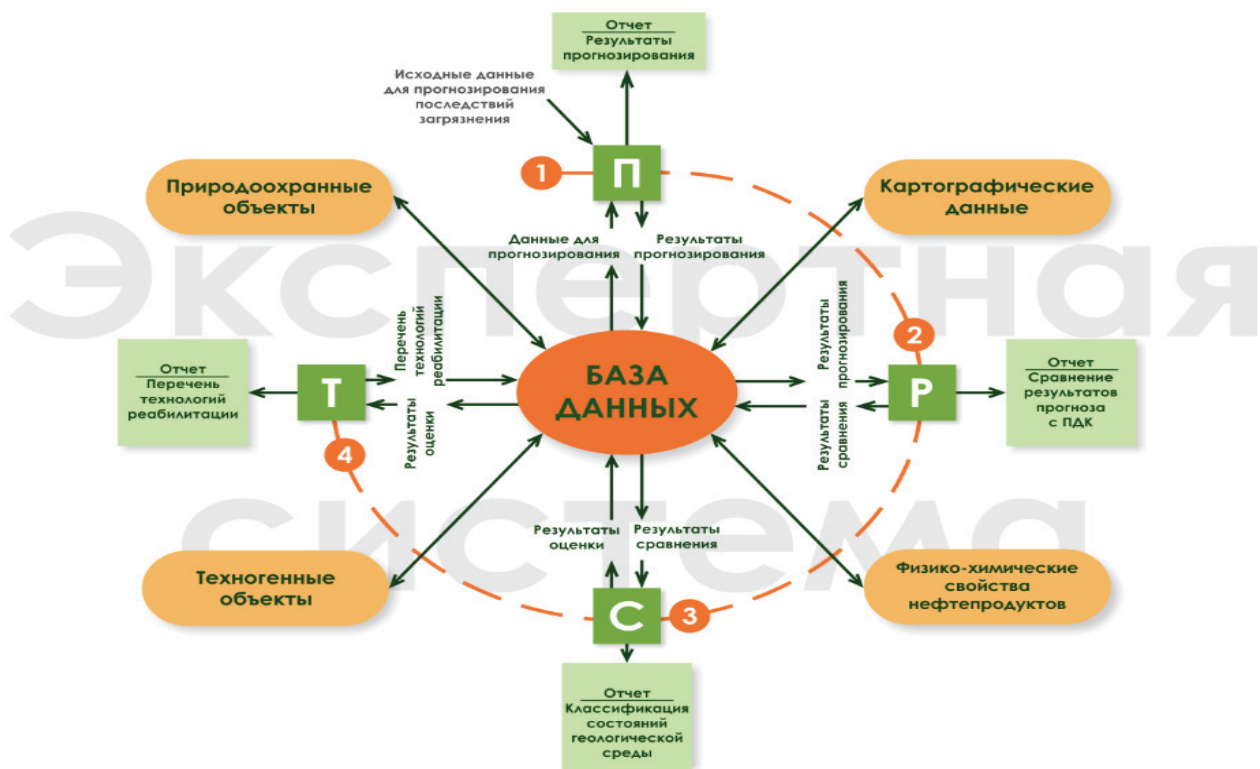


Рисунок 1 – Принцип взаимодействия программных модулей

Модули экспертной системы используют реляционную базу данных СУБД Microsoft SQL Server 2012. Для работы модулей используются справочники, хранящиеся в базе данных: «Природоохранные объекты», содержащие данные о различных природоохранных объектах, таких как реки, озера и заказники, «Техногенные объекты», содержащие данные об объектах, на которых возможны инциденты разлива нефтепродуктов, «Физико-химические свойства нефтепродуктов». В базе данных также хранятся пространственные данные в форме электронных карт с дополнительными атрибутами (тип грунта, глубина залегания грунтовых вод, водоохранные зоны, высота над уровнем моря, административное деление и т. д.). Для обеспечения целостности и подтверждения авторства картографических данных экспертной системы разработаны два стеганографических метода, основанные на осадении скрытой информации. Экспертная система реализована в виде web-сервера на основе технологии ASP.NET 4.5. MVC 5.0.

В настоящее время ведется опытная эксплуатация системы.

УДК 502.51

С.Е. Астраханцев
ГГТУ имени П.О.Сухого, г.Гомель

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

Для ускорения перехода к более устойчивым методам развития и управления водными ресурсами, Всемирный Саммит по Устойчивому Развитию (ВСУР), проведенный в 2002 году, призвал все страны разработать стратегии Интегрированного управления водными ресурсами и эффективного использования водных ресурсов. Разрабатываемые стратегии помогут странам в достижении таких целей развития, как сокращение бедности, повыше-

ние уровня продовольственной безопасности, ускорение экономического роста и сохранение экосистем. Включая решение ряда других задач, таких как борьба с наводнениями, смягчение последствий засух, расширение доступа к чистой воде и улучшение санитарных условий, а также проблем растущей конкуренции водопользователей и дефицита воды [1].

Интегрированное управление водными ресурсами (ИУВР) в [1,2,3] определяется как «процесс, который способствует скоординированному развитию и управлению водными, земельными и связанными ресурсами с целью максимизации экономического и социального благосостояния на справедливой основе без ущерба для устойчивости жизненно важных экосистем».

Подход ИУВР [1] предполагает:

- создание благоприятных условий для подходящей политики, стратегий и законодательства для устойчивого развития и управления водными ресурсами;
- создание институциональной основы для реализации политики, стратегий и законодательства;
- создание инструментов управления, необходимых этим учреждениям для выполнения своей работы.

Под набором инструментов ИУВР (GWP IWRM ToolBox), в соответствии с [1], понимаются знания и методики обучения для применения инструментов для ИУВР. Инструменты сгруппированы в тематических областях, таких как, *Благоприятная среда (А)*, *Институциональные механизмы (В)* и *Инструменты управления (С)*.

Инструменты управления (С) – это конкретные методы, которые позволяют лицам, принимающим решения, делать рациональный и осознанный выбор, когда речь заходит об управлении водными ресурсами, и адаптировать свои действия к конкретным ситуациям. Хорошее управление водой, в соответствии с принципами ИУВР, объединяет перспективы и знания из разных областей, таких как, гидрология, гидравлика, науки об окружающей среде, системная инженерия, юридические науки, социология и экономика.

Три ключевых элемента ИУВР, представленные в категориях инструментов А, В и С, взаимосвязаны и дополняют друг друга. Инструменты управления (С), в свою очередь, являются средством, с помощью которого осуществляется конкретное планирование и действия, позволяющие использовать благоприятную среду и институциональные роли для содействия внедрению ИУВР.

Инструменты управления сгруппированы в 8 категорий в соответствии с их целями: – понимание водных ресурсов (С1); – оценка (С2); – моделирование и принятие решений (С3); – планирование ИУВР (С4); – связь (С5); – эффективность в управлении водными ресурсами (С6); – экономические инструменты (С7); – содействие социальным изменениям (С8).

Понимание водных ресурсов, их количественная и качественная оценка, мониторинг должны основываться на хороших технических и социально-экономических данных. Регулярные наблюдения на гидрометрических постах и станциях мониторинга необходимо проводить в соответствующее время и с достаточной частотой, позволяющие сделать оценку и правильные выводы. Моделирование может быть использовано для изучения воздействий и трендов вследствие различных вариантов развития. Однако для того чтобы модели были полезны для выработки устойчивых решений, они должны рассматривать и моделировать не только технические и общие экономические выгоды, но и предпочтения и приоритеты пользователей. Чтобы быть действительно полезными в качестве инструмента поддерживающего принятие решений, модели должны интегрироваться в местные институциональные и культурные условия.

В Беларуси в 2011 году утверждена решением коллегии Минприроды от 11.08.2011 года и реализуется Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 года. Водная стратегия послужила базовым документом при разработке новой редакции Водного кодекса Республики Беларусь и значительного количества технических кодексов установившейся практики в области мониторинга и управления одними ресурсами [4]. Разработан проект Водной стратегии Республики Беларусь до 2030 года, главной стратегической целью кото-

рой, является достижение долгосрочной водной безопасности страны для ее нынешнего и будущих поколений [5].

Для реализации цели Водной стратегии необходимо решение ряда долгосрочных стратегических задач. Задача 5 определяет [5] необходимость «внедрения комплексного управления водными ресурсами (КУВР) на всех уровнях, в том числе посредством трансграничного сотрудничества в соответствующих случаях».

В соответствии со статьей 55 Водного кодекса в Республике Беларусь уполномоченными субъектами хозяйствования проводится мониторинг за состоянием поверхностных и подземных вод по гидрологическим, гидроморфологическим, гидрохимическим гидробиологическим и иным показателям оценки и прогноза его изменения.

Существующие проблемы, необходимость решения стратегических задач Водной стратегии и достижения ее главной цели требует совершенствования методов и технических средств для проведения мониторинга за состоянием поверхностных и подземных вод.

Начиная с 30 ноября 2017 года, по Первой программе территориального сотрудничества для стран Восточного партнерства «Беларусь – Украина», которая финансируется Европейским Союзом, реализуется проект «THEOREMS-Dnipro. Transboundary Hydrometeorological and Environmental Monitoring System of Dnipro river» (Трансграничная система гидрометеорологического и экологического мониторинга реки Днепр), в соответствии с пописанным грант-контрактом Европейского Союза №83265669. Данный проект зарегистрирован в Республике Беларусь как проект международной технической помощи под № 2/18/000927 от 26.09.2018.

Исполнителями белорусской части проекта являются учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (координатор белорусской части проекта), областное общественное объединение «Ассоциация детей и молодежи», учреждение «Гомельское областное управление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь». С украинской стороны в проекте участвует 5 профильных организаций, головной организацией является Черниговский национальный технологический университет.

Согласно проекту (<https://theorems-dnipro.stu.cn.ua/be>), планируется разработка и установка в Республике Беларусь и Украине по одной автоматизированной станции гидрометеорологического / экологического мониторинга (Automated HydroMeteorological / Environmental Station, AHMES). Станции будут укомплектованы комплексом современных измерительных, информационных и телекоммуникационных средств, и рассчитаны на питание от природных источников энергии. По условиям проекта, станции AHMES должны быть возведены в местах многолетних гидрологических наблюдений трансграничной зоны реки Днепр. В качестве такого места на белорусской стороне, в соответствии с обоснованием на проект, был запланирован гидропост «Лоев», на украинской стороне – гидропост в п.г.т. Любеч.

Для внедрения результатов проекта, по инициативе учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого», планируется создание на базе университета Международного научно-образовательного центра «Автоматизация гидрометеорологического и экологического мониторинга» (далее по тексту Центр).

Центр создается для трансграничного сотрудничества между учреждением образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (ГГТУ им. П.О. Сухого, Республика Беларусь), Черниговским национальным технологическим университетом (ЧНТУ, Украина) (далее – Университеты-партнеры), профильными организациями Гомельской и Черниговской областей (далее – Партнеры), а также дальнейшего развития (масштабирования итогов) международного проекта «THEOREMS-Dnipro. Трансграничная система гидрометеорологического и экологического мониторинга реки Днепр», совершенствования научно-исследовательской и образовательной деятельности университета, создания условий для решения научных и научно-практических задач в области интегрированного управления водными ресурсами, повышения качества подготовки специалистов. Участие в деятельности Центра смогут принимать организации различной ведом-

ственной и отраслевой принадлежности Беларуси и Украины (далее – Партнеры), заинтересованные в деятельности Центра.

Общей целью деятельности Центра является содействие повышению эффективности интегрированного управления трансграничными водными ресурсами Беларуси и Украины.

Основными целями Центра являются:

- повышение эффективности мониторинга гидрометеорологических и экологических параметров, характеризующих состояние водных ресурсов бассейна реки Днепр;
- расширение сотрудничества организаций Республики Беларусь и Украины, осуществляющих контроль и обмен информацией по гидрометеорологической и экологической ситуации водных ресурсов бассейна реки Днепр;
- повышение общественной осведомленности и понимания международных проблем в области водных ресурсов, и их влияния на условия жизни и экономической деятельности в трансграничных районах бассейна реки Днепр;
- образовательная деятельность в области автоматизации гидрометеорологического и экологического мониторинга водных ресурсов;
- создание условий для деятельности постоянных рабочих групп по комплексному управлению трансграничными водными ресурсами бассейна реки Днепр.

Для достижения целей Центр решает следующие задачи:

- обеспечение функционирования двух автоматизированных гидрометеорологических / экологических станций АНМЕС, Web-ресурса проекта THE OPEMS–Dnipro, телекоммуникационной системы оперативного информирования служб МЧС Республик Беларусь и Украины;
- организация и проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в соответствии с научно-исследовательским профилем Центра;
- организация и выполнение работ по проектированию автоматизированных систем для мониторинга гидрометеорологических и экологических параметров трансграничных водных ресурсов по заказам предприятий и организаций на условиях хозяйственных договоров;
- выполнение научно-исследовательских работ по заказам предприятий и организаций на условиях хозяйственных договоров в соответствии с научно-исследовательским профилем Центра;
- организация работы по внедрению в производство и учебный процесс результатов завершенных в Центре исследований;
- содействие повышению качества подготовки будущих специалистов, росту квалификации научно-педагогических кадров учреждений высшего образования;
- привлечение, студентов, магистрантов, аспирантов и других специалистов к научным исследованиям;
- экспертиза, рецензирование научно-исследовательских работ, проектов, диссертаций и других работ, соответствующих научно-исследовательскому профилю Центра;
- организация и проведение проектной и консультационной деятельности; подготовка к изданию материалов, отражающих результаты научных исследований Центра

Реализация проекта по созданию автоматизированных станций для гидрометеорологических и экологических измерений на территории гидропоста «Лоев» является шагом по развитию автоматизированной сети гидрометеорологических измерений Республики Беларусь и полностью соответствует Государственной программе «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2016-2020 гг. и Стратегии развития гидрометеорологической деятельности и деятельности в области мониторинга окружающей среды Республики Беларусь на период до 2030 г.

Список использованных источников

1. Катализатор реформ: Руководство по разработке стратегии интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР) и повышения эффективности водопользования. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/catalyzing-change-handbook/01-catalyzing-change.-handbook-for-developing-iwrm-and-water-efficiency-strategies-2004-russian.pdf>

2. The Need for an Integrated Approach // Global Water Partnership. Режим доступа: <https://www.gwp.org>

3. Руководство по интегрированному управлению водными ресурсами в трансграничных бассейнах рек, озер и водоносных горизонтов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gwp.org/contentassets/1180bf6f64e04732ac00717c1c643581/inbo_handbook2_rus.pdf

4. Станкевич, А. П. Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2030 года / А. П. Станкевич // Водные ресурсы и климат : материалы V Международного Водного Форума, Минск, 5-6 октября 2017 г. / Белорусский государственный технологический университет ; [редкол.: проф. д-р техн. наук. О. Б. Дормешкин и др.] – Минск : БГТУ, 2017. – Ч. 1. – С. 26-27.

5. Стратегия управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года. Проект [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.cricuwr.by/static/files/ads/water_str_prj.pdf

УДК 628.355

Г.Г. Юхневич, В.А. Кирей, Д.А. Мурина

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА АКТИВНОГО ИЛА АЭРОТЕНКОВ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В мировой практике очистки городских сточных вод наибольшее распространение получил биологический метод. В искусственно созданных условиях аэротенков обеспечивается окисление и минерализация чрезвычайно высоких концентраций органических загрязняющих веществ всего за несколько часов. Такая очистка осуществляется активным илом – искусственно созданным сообществом микроорганизмов, состав и численность которого отражают экологические условия его обитания.

Нитчатые организмы активного ила практически постоянно присутствуют в нормально функционирующем активном иле. При превышении порога стрессирующего воздействия численность флокулообразующих бактерий сокращается до минимума, а более устойчивые к неблагоприятным факторам нитчатые организмы (хламидобактерий, цианобактерий, гифомицетов и др.) занимают их экологическую нишу. Развитие нитчатых микроорганизмов сильно ограничивает гидравлический потенциал вторичного отстойника и может привести к выходу активного ила в природную среду. Нитчатое вспухание ила, т.е. увеличение его объема при сохранении или сокращении его биомассы в результате разрастания организмов с нитчатой структурой, в настоящее время является наиболее распространенной патологией сооружений биологической очистки сточных вод [1–2].

К подобным нарушениям седиментации активного ила могут приводить как изменение (часто скачкообразное) химического состава сточных вод, удельной нагрузки на ил, соотношения важнейших компонентов сточных вод, в том числе токсичных для микроорганизмов активного ила, так и особенности аэрационного режима сооружений [3].

Цель работы – изучение развития нитчатого вспухания активного ила при различных технологических режимах работы аэротенков городских очистных сооружений канализации.

Материал и методы исследований. На очистных сооружениях канализации г. Гродно предусмотрена типовая схема очистки сточных вод: механическая очистка на решетках, песколовках и первичных отстойниках и биологическая очистка в системе четырехкоридорный аэротенк – вторичный отстойник. Для исследований отбиралась иловая смесь из 4-х коридоров разных типов аэротенков (2, 4, 6-А) с интервалом две недели. Аэротенки 2 и 4 относятся к сооружениям I–II очереди и составляют единый технологический комплекс. В аэротенке 2 обеспечивается мелкопузырчатая придонная аэрация через дисковые диффузоры с выделением аноксидных зон (во второй половине 1-го коридора и первой половине 2-го коридора установлены по три горизонтальные погружные мешалки). В аэротенке 4 обеспечивается среднепузырчатая пристенная аэрация через трубчатые диффузоры. Аэро-

тенк 6-А относится к сооружениям III очереди с системой среднепузырчатой аэрации через трубчатые диффузоры, расположенные по всему днищу (плечо аэратора вынесено в центр).

В пробах активного ила аэротенков определяли его концентрацию и иловый индекс[4]. Из каждой тщательно перемешанной пробы иловой смеси объемом 0,1 см³ готовили препараты «раздавленная капля» в 3-х повторностях, которые просматривали по диагонали при увеличении микроскопа 10x40, определяли численность и размеры нитчатых микроорганизмов[5]. Площадь хлопьев активного ила находили математическим методом палетки на основе фотографий активного ила с использованием программы Adobe Photoshop.

Результаты исследований. Успешная очистка сточных вод активным илом заключается не только в разрушении органических загрязнений, но и в отделении ила от очищенной воды. Для очистных сооружений с аэротенками оптимальными являются значения илового индекса от 80 до 120 см³/г. Иловый индекс во всех исследуемых аэротенках очистных сооружений канализации г. Гродно имеет близкие к неудовлетворительным значения (таблица 1). Активный ил аэротенка 4 обладает наиболее высокими седиментационными свойствами. В аэротенке 2 иловый индекс наибольший, однако, с наименьшим диапазоном изменения данного показателя, что характерно для стабильно функционирующего активного ила, в то время как в аэротенке 6-А наблюдается нестабильность значений илового индекса.

Таблица 1 – Изменение илового индекса при различных технологических режимах работы аэротенков городских очистных сооружений канализации, см³/г

Проба	Аэротенк 2	Аэротенк 4	Аэротенк 6-А
1	178	154	171
2	177	149	179
3	171	155	123
4	170	144	165
5	199	173	171
6	179	154	194
7	178	137	193
8	169	147	187
среднее значение	178	152	173

Размер хлопьев активного ила зависит от видового состава микроорганизмов, наличия и характера загрязнений, температуры среды, гидродинамических условий в аэрационном сооружении и других факторов. В умеренно-нагруженном активном иле при средних органических нагрузках формируются компактные, средних размеров хлопья. К увеличению величины хлопьев активного ила приводит развитие в нем нитчатых микроорганизмов. Площадь хлопьев активного ила аэротенков городских очистных сооружений канализации г. Гродно колеблется в очень широких пределах (от 250 до 202500 мкм²) (таблица 2).

Таблица 2 – Площадь хлопьев активного ила в аэротенках городских очистных сооружений канализации, мкм²

Пробы	Аэротенк 2	Аэротенк 4	Аэротенк 6-А
1	<u>39821</u> 1875–125000	<u>25813</u> 2500–120000	<u>19962</u> 2500–100000
2	<u>16132</u> 500–105000	<u>10010</u> 500–95000	<u>28848</u> 1250–137500
3	<u>13911</u> 500–77500	<u>15160</u> 1250–105000	<u>15188</u> 1250–87500
4	<u>12078</u> 750–82500	<u>23182</u> 750–105000	<u>15668</u> 750–90000
5	<u>30319</u> 1875–150000	<u>27616</u> 1875–195000	<u>32500</u> 2250–187500
6	<u>29000</u> 1071–202500	<u>20902</u> 1071–187500	<u>45166</u> 2250–87500
7	<u>12100</u> 250–72500	<u>15188</u> 500–100500	<u>25350</u> 2500–90000
8	<u>10643</u> 250–40000	<u>30200</u> 750–80000	<u>32750</u> 750–87500
среднее значение /min-max	<u>20501</u> 250–202500	<u>21009</u> 500–195000	<u>26929</u> 750–187500

Примечание: над чертой – среднее значение, под чертой – минимальное и максимальное значения соответственно.

Самые мелкие компактные флоккулы активного ила формируются в аэротенке 2. Это определяет наибольшую площадь поверхности ила и, как следствие, его высокую адсорбционную способность в данном аэротенке.

Высокая нагрузка на ил городских очистных сооружений канализации г. Гродно благоприятствует развитию немнитчатых микроорганизмов. Их численность в разных аэротенках при поступлении отличающихся по составу сточных вод изменяется от 15,7 до 148,6 тыс экз/см³ (таблица 3).

Таблица 3 – Количество нитчатых микроорганизмов активного ила аэротенков городских очистных сооружений канализации, экз/см³

Пробы	Аэротенк 2	Аэротенк 4	Аэротенк 6-А
1	40218	47212	64698
2	26229	52458	61201
3	15737	24480	22732
4	40218	48961	47212
5	83932	148630	76938
6	99669	50709	83932
7	31475	75189	78686
8	55955	52458	110161
среднее значение	49179	62512	68195

Минимальное количество микроорганизмов с нитчатой структурой наблюдается в аэротенке 2, что связано с особенностями технологического режима аэротенка. Мелкопузырчатая придонная аэрация, с точки зрения интенсивности степени растворения кислорода, является наиболее эффективной. Она способствует равномерному распределению воздуха в толще воды, тем самым способствует благоприятному режиму функционирования дыхательных ферментов флокулообразующей микрофлоры. Максимальная численность нитчатых микроорганизмов выявлена в аэротенке 6-А, что свидетельствует о протекающих процессах нитчатого вспухания активного ила.

Длина отдельных нитей микроорганизмов активного ила аэротенков городских очистных сооружений г. Гродно также значительно различается (от 7 до 327 мкм). Среди нитчатых микроорганизмов преобладают особи с длиной нитей в диапазоне 0–50 мкм, составляющие в аэротенке 2 – до 65 %, в аэротенке 4 – до 74 %, в аэротенке 6-А – до 60 % экземпляров (рисунок 1). Количество особей с длиной 301–350 мкм минимально в аэротенках 2 и 4 – до 0,3 %, тогда как в аэротенке 6-А их встречаемость достигает 1,9 % экземпляров.

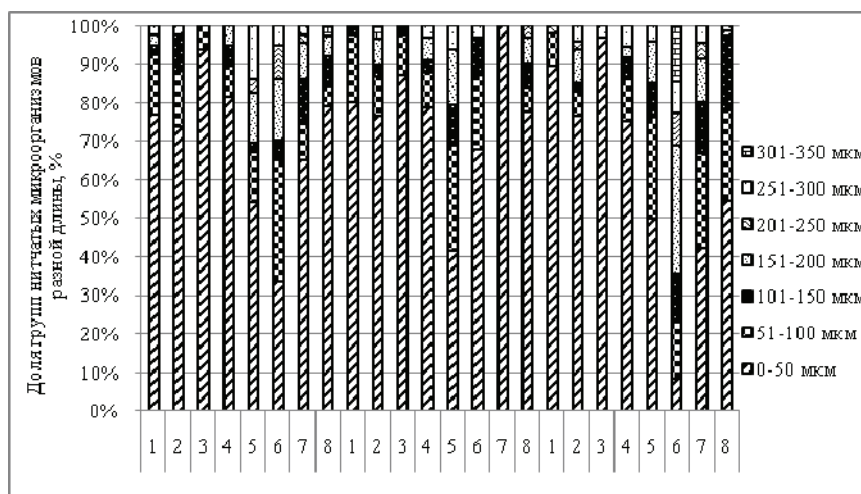


Рисунок 1 – Ранжирование нитчатых микроорганизмов активного ила аэротенков городских очистных сооружений канализации

Рассчитаны коэффициенты корреляции Спирмена между биологическими показателями активного ила разных по технологическому режиму аэротенков очистных сооружений канализации г. Гродно и исходными показателями поступающих на очистку городских сточных вод. Наибольшее количество прямых тесных корреляционных связей установлено между содержанием нитчатых микроорганизмов в аэротенке 6-А и концентрациями хлоридов ($r=0,78$), фосфатов ($r=0,84$) и СПАВ анионактивных ($r=0,71$) в сточных водах, что указывает на склонность к нитчатому вспуханию ила при данном типе аэрации в условиях колебания состава сточных вод.

Таким образом, установлено, что нитчатое вспухание активного ила является характерной проблемой городских очистных сооружений канализации. В разных по технологическому режиму аэротенков выявлены отличия в иловом индексе, площади хлопьев активного ила, количестве и размерах нитчатых микроорганизмов. По комплексу биологических показателей активного ила установлена наименьшая вероятность протекания нитчатого вспухания в аэротенках с мелкопузырчатой придонной аэрацией через дисковые диффузоры с выделением аноксидной зоны. В аэротенках со среднепузырчатой аэрацией через трубчатые диффузоры, расположенные по всему днищу с вынесенным в центр плечом аэратора, выявлена нестабильность функционирования активного ила.

Список использованных источников

1. Tandoi, V. Activated Sludge Separation Problems: Theory, Control Measures, Practical Experiences / V Tandoi, D Jenkins, J Wanner. – 2006. – 340 p.
2. Харькина, О.В. Проблемы эксплуатации сооружений очистки сточных вод и их решения: вспухание и пенообразование активного ила / О.В. Харькина, С.В. Харькин // Справочник эколога. – 2015. – № 2. – С. 85–96.
3. Плотников, М.В. Дисфункционирование сооружений аэробной биологической очистки сточных вод : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.01.06 / М. В. Плотников ; ФГБНУ «Всероссийский научно-издательский и технологический институт биологической промышленности» ФАНО России – Щелково, 2014. – 29 с.
4. Жмур, Н. С. Комплект методик по гидрохимическому контролю активного ила: определение массовой концентрации активного ила, илового индекса, зольности сырого осадка, активного ила, прозрачности надильной воды / Н. С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2008. – 39 с.
5. Методическое руководство по гидробиологическому контролю нитчатых микроорганизмов активного ила. ПНД Ф СБ 14.1.92-96. – М., 1996.

УДК 628.381.1

И.В. Войтов, д-р техн. наук; В.Н. Марцуль, канд. техн. наук
БГТУ, г. Минск

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ В КОНТЕКСТЕ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА

Достижение целей ООН в области устойчивого развития невозможно без кардинального повышения эффективности использования ресурсов всех видов. При этом «линейная экономика», которая базируется на предпосылке, что ресурсы доступны и имеются в больших количествах, должна уйти в прошлое. Жизненно важным является смещение акцентов не просто на безопасное избавление от отходов, а на производство на их основе таких ресурсов, как энергия, материалы, почва и вода. «Экономика замкнутого цикла» (циклическая экономика) – концепция, которая обеспечивает сохранение, как можно дольше, прибавочной стоимости продукции и устранение отходов. Такая экономика призвана изменить классическую линейную модель производства, концентрируясь на продуктах и услугах, которые

минимизируют отходы и другие виды загрязнений. Основные принципы экономики замкнутого цикла основаны на возобновлении ресурсов, переработке вторичного сырья, переходе от ископаемого топлива к использованию возобновляемых источников энергии. Переходу на экономику замкнутого цикла способствует развитие информационных, сенсорных технологий и распространение сетей что позволяет отследить жизненный цикл продукта и все связанные с ним материальные и энергетические потоки.

Переход на экономику замкнутого цикла может приносить мировой экономике ежегодно до 1 трлн. долл. США к 2025 г.; в ближайшие пять лет может обеспечить создание до 100 тыс. новых рабочих мест, предотвратит; появление до 100 млн. тонн отходов (Доклад фонда ЭлленМакартур и консалтинговой компании McKinsey&Company, (http://ec.europa.eu/environment/circulareconomy/index_en.htm)). Переход к экономике замкнутого цикла не ограничивается определенными материалами или секторами. Это системное изменение, которое затрагивает всю экономику и включает в себя все продукты и услуги. Необходимость введения экономики замкнутого цикла для Европы обусловлена ограниченностью ресурсов некоторых видов сырья; зависимостью европейской экономики от импорта сырья (высокие цены, переменчивость рынка, нестабильная политическая ситуация в некоторых странах); снижением конкурентоспособности европейских экономик на мировом рынке.

Основные положения экономики замкнутого цикла нашли отражение в документах ЕС, принятых в 2014-2015гг. и получили дальнейшее развитие в последующие годы. Экономика замкнутого цикла позволяет компаниям добиваться существенных экономических выгод и стать более конкурентоспособными, обеспечивает значительную экономию энергии и защиту окружающей среды, создает рабочие места и возможности для социальной интеграции.

Такая экономика имеет сильную синергию с целями ЕС в области климата и энергетики и с недавно принятой программой «Чистая энергия для всех европейцев» (<https://ec.europa.eu/energy/en/news/commission-proposes-new-rules-consumer-centred-clean-energy-transition>). Единого общепризнанного показателя «цикличности» не существует. Одним из способов представления цикличной экономики страны, региона является диаграмма материальных потоков, которая показывает все сырьевые материалы (агрегированные, сгруппированные по категориям) по всей экономике, от их добычи до их превращения в отходы. Очистные сооружения канализации (ОСК), кроме традиционной роли, заключающейся в обеспечении соблюдения норм, установленных для очищенных сточных вод, в контексте экономики замкнутого цикла рассматриваются в качестве объектов, производящих ресурсы и энергию.

В области производства ресурсов ОСК могут обеспечивать производство воды для последующего использования, углеводородного сырья, углерода, производство азотных и фосфорных удобрений, органоминеральных удобрений. В области производства энергии ОСК за счет использования энергетического потенциала неочищенных, очищенных сточных вод и осадков могут обеспечить производство электрической и тепловой энергии; производство твердого топлива и биометана; производство жидкого топлива.

Ключевую роль в переходе ОСК на принципы циркуляционной экономики играют используемые варианты обращения с осадками очистных сооружений. Выбор вариантов зависит от многих факторов, в числе которых уровень научных и технических достижений, принятая политика и стратегия в области водоотведения и использования осадков, требования законодательства, доступность финансовых средств. Среди важнейших положений политики и стратегии в области обращения с осадками прекращение захоронения осадков ОСК, обязательность обработки осадков перед их использованием на земле, увеличение количества осадков коммунальных стоков, подвергаемых термической переработке, стремление к максимальному использованию биогенных веществ, содержащихся в осадках при одновременном выполнении всех требований санитарной, химической и экологической безопасности. Однако существующая тенденция увеличения количества осадков с запретом на их захоронение при отсутствии соответствующих технических и технологических решений может серьезно обострить проблему.

Повышение энергетической эффективности ОСК обеспечивается за счет повышения эффективности процесса сбраживания с применением установки термического гидролиза; совместного сбраживания осадков с органическими отходами (когенерация); модернизации узла обезвоживания сточных осадков с целью улучшения эффективности обезвоживания; использования более эффективных процессу уплотнения и обезвоживания осадков; использования эффективного и безопасного оборудования для сушки осадков с получением топлива; использования эффективных и безопасных установок термической переработки осадков; применения агрегатов когенерации для производства электроэнергии и тепла.

В контексте повышения энергетической эффективности ОСК большое внимание уделяется совершенствованию процессов анаэробного сбраживания осадков. Анаэробное сбраживание считается одним из самых привлекательных способов производства возобновляемых энергетических ресурсов с точки зрения эффективности и стоимости. В связи с этим наблюдается постоянно растущий интерес к использованию различных субстратов, содержащих органические вещества, для получения метана. Выбор технологии и оборудования для анаэробного сбраживания невозможно произвести без информации о количестве биогаза, в том числе метана, которое может быть произведено из конкретного субстрата в определенных условиях проведения процесса. Практически все работы, которые выполняются в этой области исследований, нацелены на получение такой информации. В литературе в качестве характеристики органических субстратов, дающей представление о количестве метана, которое может быть получено при определенных условиях в процессе анаэробного сбраживания, является биохимический потенциал метана (biochemicalmethanepotential). На практике для определения БПМ используются теоретические (расчетные), экспериментальные методики.

Расчетные значения БПМ являются хорошим ориентиром для оценки перспективности субстрата для анаэробного сбраживания, однако для определения продолжительности сбраживания, степени распада органического вещества, выбора температурного режима и других параметров, которые оказывают влияние на выбор аппаратного оформления и экономические показатели процесса не обойтись без проведения теста на БПМ.

В настоящее время не существует стандартизованных процедур проведения испытаний для определения БПМ, которые устанавливают конкретные условия проведения отдельных этапов такого исследования. Наиболее часто в практической работе по определению БПМ ориентируются на руководство VDI 4630, разработанное ассоциацией немецких инженеров. В руководстве подробно изложен поэтапный процесс оценки биогазового потенциала.

В БГТУ проведены сравнительные испытания различных вариантов определения БПМ осадков Минской очистной станции, базирующихся на руководстве VDI 4630. В качестве инокулята использовали, сброженный в лабораторных условиях сырой осадок (до 15% от массы сухого вещества). В качестве субстратов использовали сырой осадок, избыточный активный ил и их смеси. Определены степень распада органического вещества, выход биогаза и метана из исследуемых субстратов в мезофильных и термофильных условиях. Результаты исследований использованы при составлении материальных и энергетических балансов альтернативных вариантов обработки и использования осадков.

Определение условий анаэробного сбраживания, в максимальной степени соответствующих условиям действующей промышленной установки, возможно при использовании для проведения исследований анаэробных биореакторов, работающих непрерывно в проточном режиме с постоянным контролем выхода и состава биогаза, pH и других параметров. Среди возможных вариантов повышения энергетической эффективности процессов получения биогаза следует выделить предварительный термический гидролиз осадков перед анаэробным сбраживанием. Применение термического гидролиза позволяет повысить выход биогаза при значительном увеличении нагрузки на метантенки; уменьшить содержание твердых веществ в сброженном осадке, обеспечивает эффективное обеззараживание осадка. Существенное повышение выхода биогаза в процессах анаэробного сбраживания обеспечивает совместное сбраживание осадков ОСК с органическими отходами.

Для получения исходных данных для выбора проектных решений по обработке и использованию осадков, образующихся на Минской очистной станции в соответствии Рамочным соглашением о сотрудничестве по проведению испытаний наГУ «Минскводоканал» между БГТУ, компаниями AQUA-ConsultIngenieurGmbH, Cambi и Европейским экологическим центром KREVOX, AQUA-ConsultIngenieurGmbH предоставлена для проведения испытаний пилотная установка контейнерного типа, которая состоит из четырех реакторов объемом 80 литров каждый. Контейнер оборудован современными аналитической и инструментальной системами. Каждый реактор оснащен смесителем, станцией дозирования (предназначена для дозирования кислоты, основания и/или субстрата), системой сбора газа со встроенной конденсатоотводной ловушкой. В процессе работы производится автоматический контроль и измерение температуры, pH, уровня субстрата, расхода газа и его состава.

В ходе испытаний будут использованы мезофильный и термофильный режимы сбраживания сырого осадка, избыточного активного ила и их смеси. Будет установлено влияние предварительного термогидролиза осадков перед сбраживанием на выход биогаза. Для этого будет использована экспериментальная установка термогидролиза (Cambi). В ходе испытаний будет определено влияние предварительного термогидролиза на обезвоживание и обеззараживание сброженного осадка. Будет определена возможность сбраживания осадков при высокой концентрации (до 11%) осадков.

В области производства ресурсов на ОСК одним из эффективных технологических решений является извлечение азота и фосфора в процессах уплотнения и обезвоживания осадков. В связи с повсеместным распространением технологий биологического извлечения фосфора из сточных вод на ОСК, концентрация его в осадках, в частности в избыточном активном иле, возрастает. Это создает предпосылки для его извлечения в процессах обработки осадков.

При извлечении фосфора из жидкой фазы (иловая вода от уплотнения и обезвоживания осадков) азот аммонийный и фосфаты не возвращаются в голову очистных сооружений, что повышает энергетическую и экологическую эффективность ОСК, так как способствует решению проблемы эвтрофикации водных объектов. Снижаются эксплуатационные затраты за счет минимизации применения химикатов для осаждения фосфора. Производится эффективное удобрение (магний аммоний фосфат – струвит), что обеспечивает вторичное использование фосфора и сохранение его запасов. Положительным следствием извлечения фосфора является предотвращение образования отложений струвитов в камерах, трубопроводах, клапанах и другом оборудовании. Степень извлечения фосфора из жидких потоков при этом может достигать до 90% (до 50% от количества, поступающего на ОСК), азота – до 40%. Влажность осадков после механического обезвоживания при этом может быть уменьшена на 4%.

Для извлечения фосфора может использоваться зола от сжигания осадков ОСК. При этом степень извлечения может составлять до 80% от количества, поступающего на ОСК. Однако соответствующая технология еще не отработана в промышленных масштабах.

Для Беларуси до настоящего времени размещение осадков очистных сооружений канализации на картах иловых площадок является практически единственным методом решения проблемы образования этих отходов. Иловые площадки из сооружений для обезвоживания и подсушки осадков превратились в объекты долговременного хранения отходов. Большинство известных решений по использованию накопленных осадков включают удаление отходов из иловых карт для обработки такими способами, как компостирование, сжигание и др. или захоронение на полигонах. Освобожденные от осадков иловые площадки подлежат рекультивации. На практике имеются единичные примеры использования таких вариантов решения проблемы накопленных осадков.

Обследование иловых площадок ряда очистных сооружений республики показало, что для них характерно естественное зарастание этих территорий с образованием фитоценоза,

состоящего в основном из быстрорастущих растений ивы, березы и тополя. Таким образом, накопленные осадки могут рассматриваться в качестве готового субстрата для создания фитомелиоративной системы короткого севооборота. Такой вариант использования иловых площадок не требует извлечения накопленных осадков из карт и способствует созданию источника местных энергетических ресурсов. В контексте экономика замкнутого цикла он решает как проблему вторичного использования биогенных элементов, так и производство энергетических ресурсов.

Для оценки возможности выращивания ивы на неэксплуатируемых картах иловых площадок очистных сооружений канализации в период 2014-2017 гг. проводили обследование сформировавшегося в естественных условиях древесно-кустарникового фитоценоза. В структуре фитоценоза выявлено преобладание *Salixaurita*, *Salixcaprea*, *Salixfragilis*, *Salixsine-rearpresense*. Для оценки уровня питания накопленных осадков были проанализированы агрохимические параметры, такие как рН, общее содержание органических веществ, общий азот, фосфор и калий. Определяли ежегодный прирост древесных кустарников на субстрате из накопленных осадков сточных вод, отбирали пробы для оценки величины фитонакопления тяжелых металлов (Cd, Cr, Zn, Cu, Fe, Ni) биомассой ивы. В ходе экспериментальных исследований установлено, что использование древесно-кустарниковых культур ивы рода *Salix* для проведения биологической рекультивации позволяет формировать фитомелиоративные системы краткого цикла ротации, в которых интервал от интенсивного роста до сбора биомассы составляет 3-4 года с количеством сборов не менее 6-7, и создавать на их основе источники местных топливно-энергетических ресурсов. Краткий период ротации позволяет более интенсивно управлять фитомелиоративной системой с целью корректировки водного режима переувлажненных иловых площадок, обеспечить улучшение агрохимических характеристик плодородного слоя за счет способности растений ивы к избирательному накоплению тяжелых металлов.

Выбор технологии обработки осадков с учетом требований экономики замкнутого цикла представляет собой сложную задачу. Попытки ее решения без детального эколого-экономического анализа возможных вариантов обращения с отходами часто приводит к принятию решений, последствия реализации которых негативно сказываются на окружающей среде. Не всегда выбор наилучшего варианта обращения с отходами очевиден, так как используемые у нас в стране оценки эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий далеки от совершенства. Общепринятой методологией, позволяющей провести комплексный анализ продукции и производственных процессов, использования ресурсов с учетом экологических последствий является анализ жизненного цикла (LifecycleAnalysis – LCA).

Методология АЖЦ и методики выполнения отдельных ее этапов активно развивалась и в 90-е годы 20 столетия сформировались как перспективное направление научных исследований и практической деятельности в области охраны окружающей среды. В настоящее время активно разрабатываются методики АЖЦ, дополненные экономической оценкой входных и выходных потоков для исследуемой системы (EconomicInput-OutputLifeCycleAnalysis – EIO-LCA).

В конце 90-х годов прошлого столетия в составе стандартов ИСО серии 14000 были разработаны и введены в действие стандарты по анализу жизненного цикла (ISO 14040, ISO 14041, ISO 14042, ISO 14043 и др.), определяющие принципы и структуру LCA, основные этапы его проведения. Оценка воздействия ЖЦ, как стадия LCA (ОВЖЦ) позволяет количественно охарактеризовать воздействие на окружающую среду, связанное с потреблением ресурсов, и выходными потоками продукционной системы. Особенностью ОВЖЦ является то, что она предполагает использование так называемой функциональной единицы для сравнения различных продукционных систем, продукции. При проведении ОВЖЦ систем обращения с отходами, в качестве функциональной единицы обычно используют единицу массы отхода (1 т, 1 кг).

Несмотря на то, что методология LCA достаточно проста для понимания и выглядит логичной и обоснованной, ее практическое применение часто связано с рядом трудностей, в первую очередь касающихся недостатка или неприемлемого качества информации. Проблемы, связанные с практической реализацией методологии LCA, по-разному решаются в различных методиках. Все известные методики выполнения основных этапов LCA и интерпретации его результатов имеют ряд общих черт, но и по ряду существенных признаков различаются. Отличия касаются методик и моделей, которые используются для перевода результатов инвентаризации в показатели воздействия. Для решения практических задач нашли применение методики Eco-indicator 99 (Голландия), EDIP (Дания), Eco-Scarcity (Швейцария); EPS (Швеция) и др.

Для выполнения практических работ по LCA разработано программное обеспечение, которое обеспечивает выполнение необходимых расчетов с использованием моделей, управление базами данных. Среди наиболее известных программных продуктов, позволяющих анализировать все стадии жизненного цикла – SimaPro, EcoLab, GaBi, TEAM,, WWLCAW и др.

Применению методологии АЖЦ для сравнения различных вариантов обработки и использования осадков с целью выбора приемлемого по воздействию на окружающую среду варианта посвящено большое число работ. Оценка воздействия при этом производится с использованием определенного набора показателей.

Особенностью LCA является то, что она ориентирована на количественную оценку воздействий на окружающую среду, связанных как с потреблением всех видов ресурсов, так и с эмиссией загрязняющих веществ. При оценке воздействия используются процедуры нормализации и взвешивания показателей воздействия.

Показано, что сочетание анаэробного сбраживания и использования сброженного осадка в сельском хозяйстве – наиболее экологически безопасный способ обращения при условии минимального содержания в осадках тяжелых металлов. Сравнение анаэробного сбраживания, пиролиза, сжигания с захоронением золы, использования сброженного осадка в сельском хозяйстве подтвердило этот вывод. Термические процессы могут конкурировать с сельскохозяйственным применением осадков, в случае выбора подходящей технологии. Однако воздействие исследуемых процессов оценивалось лишь частично, т.к. в исследовании не определялся показатель экотоксичности и токсичности для здоровья человека. В связи с этим, сделать однозначный вывод о предпочтительности термического либо сельскохозяйственного использования осадков сточных вод, основываясь только на энергетических балансах процессов и сравнении потенциалов глобального потепления, не представляется возможным.

С использованием экологической и экономической оценки жизненного цикла проведено сравнение мезофильного и термофильного анаэробного сбраживания осадков с различной концентрацией органических веществ и с использованием предварительного термического гидролиза. По ряду показателей предпочтительным является анаэробное сбраживание при высокой концентрации органических веществ с предварительным термогидролизом.

Достоверность и надежность выводов по результатам АЖЦ во многом зависит от полноты данных по показателям эмиссии загрязняющих веществ как в процессах подготовки осадков к использованию, так и при использовании осадков и вторичных отходов.

В БГТУ проводятся комплексные исследования по сравнению различных вариантов обработки и использования осадков очистных сооружений канализации. на основе методологии LCA. Они включают определение показателей эмиссии загрязняющих веществ для процессов, используемых для обработки осадков, использование опубликованных данных по факторам эмиссии, в том числе базы данных Ecoinvent. Для вариантов, по которым производится сравнение, составляются материальные и энергетические балансы. Оценка воздействия проводится с использованием методики LCA «Eco-Indicator 99» [6], метод оценки воздействия ReCiPe и программное обеспечение SimaPro (v.8.0.3).

Среди вариантов, по которым проводилась оценка: механическое обезвоживание (МО) – захоронение; МО – известкование – использование в сельском хозяйстве (ИСХ); МО – известкование– производство цемента; мезофильное анаэробное сбраживание – МО – ИСХ; МО – компостирование – ИСХ; МО – термическая сушка – производство цемента; мезофильное анаэробное сбраживание –МО – термическая сушка – сжигание; МО – сушка – сжигание.

Показатели (категории), по которым производили сравнение, включали выбросы (эмиссию) SO₂, CO, NO_x, летучих органических соединений (ЛОС), твердых частиц (PM₁₀); потенциал глобального потепления (ПГП по CO₂), расход электроэнергии, расход тепловой энергии и топлива (всего до 12 показателей). Результаты сравнения зависели от количества образующихся осадков, условий транспортировки осадков и других факторов. По показателям ПГП, «расход тепловой энергии и топлива» и некоторым другим наименьшим воздействием на окружающую среду характеризуются варианты с анаэробным сбраживанием. Если осадок не может использоваться в качестве удобрения, то наилучшим вариантом является анаэробное сбраживание с последующей сушкой и использованием при производстве цемента.

Таким образом, экономика замкнутого цикла создаёт основу для внедрения новых технологий в области очистки сточных вод и обработки осадков. В этом контексте очистные сооружения должны рассматриваться не только в их традиционной роли, какой является очистка стоков и переработка осадков, но и в качестве объектов, производящих ресурсы и энергию. Из крупных потребителей они переходят в разряд производителей энергии на собственные нужды и для внешних потребителей. Такой результат может быть достигнут путем интенсификации производства и использования биогаза с применением термического гидролиза, а также совместного сбраживания осадков с биоразлагаемыми отходами. Использование выведенных из эксплуатации иловых площадок для создания «энергетических плантаций» способствует созданию возобновляемого источника местных энергетических ресурсов.

Использование технологий извлечения фосфора в процессах очистки сточных вод и обработки осадков позволяет не только продвинуться в решении проблемы эвтрофикации водных объектов, но и вернуть в хозяйственный оборот значительные количества ценного продукта, готового к применению.

Список использованных источников

1. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS on the implementation of the circular economy package: options to address the interface between chemical, product and waste legislation. Strasbourg, 16.1.2018 COM(2018) 32 final.

2. Li, H. Chang, Z. Zhanying, O. Mundree, S. Environmental and economic life cycle assessment of energy recovery from sewage sludge through different anaerobic digestion pathways// Energy. – 2017, V. 126, № 1, P. 649-657

3. Onaka, T. Sewage can make Portland cement: A new technology for ultimate reuse of sewage sludge// Water Science & Technology. – 2000, T. 41, №8, P. 93–98.

4. Report on Critical Raw Materials and the Circular Economy. Publication date: 17/01/2018 (<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/27327>)

5. Schievano A, Pognani M, D'Imporzano G and Adani F, Predicting anaerobic biogasification potential of ingestates and digestates of a fullscale biogas plant using chemical and biological parameters. Bioresource Technol. 2008. v. 99, p. 8112–8117.

6. THE ECO-INDICATOR 99. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Manual for Designers //Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment Communications Directorate, the Netherlands. 2000. – p. 49.

7. VDI 4630, Fermentation of Organic Materials. Characterisation of the Substrates, Sampling, Collection of Material Data, Fermentation Tests. VDI-Handbuch Energietechnik. 2006. – 92p.

РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ В ЧЕРТЕ КРУПНЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Благоприятная окружающая среда, включая все её элементы, является одним из факторов обеспечения экологической устойчивости городов в соответствии с Целью устойчивого развития 11 «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов».

Водные ресурсы являются многофункциональным элементом окружающей среды, обеспечивая хозяйственно-питьевые, производственные, культурно-бытовые (рекреационные) нужды населения, предприятий и организаций города. При этом поверхностные водные объекты в черте населенных пунктов испытывают существенную нагрузку, как за счет изъятия водных ресурсов, изменения русел и режима стока, так и за счет поступления в них сточных вод с территории населенных пунктов, что приводит к снижению экологической устойчивости не только самого водотока, но и территории водосбора в целом.

Вопросы использования и сохранения малых водотоков являются актуальными для территории Республики Беларусь, поскольку большая часть рек страны относится именно к малым рекам.

В черте крупных населенных пунктов малые водотоки наиболее подвержены антропогенной нагрузке, как в части изменения гидрологического режима и параметров речного стока, так и в части загрязнения сточными водами.

Проблема восстановления малых водотоков заключается в том, что их гидрологический режим (водность, ее внутригодовое распределение и многолетние колебания), гидрохимический режим и уровень поступления загрязнения изучены достаточно слабо.

Научные исследования по оценке состояния и восстановлению малых водотоков в черте крупных населенных пунктов проводились РУП «ЦНИИКИВР» в течение 2016–2017 гг. в рамках Государственной научно-технической программы «Природопользование и экологические риски», 2016-2020 гг. [1, с. 1].

Целью проводимого исследования являлась оценка современного экологического состояния малых водотоков в пределах крупных населенных пунктов (более 100 000 человек) и разработка унифицированной программы восстановления малых водотоков в черте крупных населенных пунктов (далее – унифицированная программа восстановления).

Выбор малых водотоков для проведения исследований по оценке их состояния базировался на следующих критериях: изменение гидроморфологических характеристик водотока (спрямление русла, углубление, канализование); изменение условий и режима формирования стока (снижение стока за счет изъятия воды, зарегулированность стока искусственными водоемами, увеличение стока за счет поступления сточных вод и т.п.); изменение гидрохимического и гидробиологического состояния водотока [2, с. 6-10].

В результате выделено 34 малых водотока, расположенных целиком либо частично в черте 12 крупных населенных пунктов республики и проведено их охранное управление по уровню испытываемой антропогенной нагрузки.

Оценка экологического состояния малых водотоков проведена на основе разработанной и утвержденной унифицированной программы восстановления. Программа включает два блока: комплексная оценка уровня антропогенной нагрузки на малый водотоки и разработка водохозяйственных мероприятий, направленных на сохранение и восстановление малого водотока.

Проведенный анализ уровня антропогенной нагрузки на малые водотоки показал, что практически все из них испытывают повышенную антропогенную нагрузку в черте насе-

ленных пунктов, при этом выделено три водотока, испытывающих наибольшую антропогенную нагрузку по комплексу показателей (водопользование, изменение условий и режима стока и ухудшение качества воды по длине водотока).

Ручей Дебря в черте г. Могилева определен одним из первых для реализации мероприятий по его восстановлению. Ручей Дебря целиком протекает по территории г. Могилева и является правым притоком р. Днепр, впадая в него в центральной части города с длиной 3,44 км.

Ручей используется преимущественно для сброса поверхностных сточных вод с территории г. Могилева через сети городской дождевой канализации. На балансе организации, обслуживающей сети дождевой канализации, находится 9 выпусков поверхностных сточных вод в ручей. На всех выпусках отсутствуют очистные сооружения поверхностных сточных вод, а на большинстве выпусков сточных вод в ручей регулярный контроль качества сбрасываемых сточных вод не осуществляется.

Ранжирование выпусков сточных вод по уровню интенсивности воздействия на ручей Дебря позволило объединить их в три группы: 1 выпуск – «сильно интенсивное», 2 выпуска – «умеренное» и 6 выпусков «несущественное». Интенсивность воздействия оценивалась по следующим критериям: количественный и качественный состав загрязняющих веществ, отводимых водопользователем в водоток; максимальная кратность превышения значений средней концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, сбрасываемых водопользователем, по отношению к значениям предельно допустимой концентрации соответствующих загрязняющих веществ в поверхностных водных объектах; размещение водопользователя в водоохраной зоне водного объекта.

На ручье Дебря, как и на большей части малых водотоков в черте населенных пунктов, отсутствует стационарная сеть наблюдений в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС), включающая комплекс гидробиологических, гидрологических, гидрохимических и гидроморфологических наблюдений, что не позволяет своевременно оценивать динамику изменения экологического состояния водотока.

С учетом анализа источников воздействия, ручей Дебря разделен на три участка, на которых РУП «ЦНИИКИВР» и Белгидромет проведен комплекс гидробиологических, гидрологических, гидрохимических и гидроморфологических исследований. В соответствии с ТКП 17.13-21-2015 «Порядок отнесения поверхностных водных объектов (их частей) к классам экологического состояния (статуса)» экологическое состояние (статус) классифицируется как: «отличное», «хорошее», «удовлетворительное», «плохое», «очень плохое» [4, с. 2]. Результаты исследований показали, что все три участка ручья Дебря находятся в наихудшем из пяти возможных экологических статусов – «очень плохой» [3, с. 25].

Ручей Дручанка в черте г. Новополоцка был определен вторым водотоком для реализации мероприятий по восстановлению. Ручей длиной 3,95 км целиком протекает по территории промышленной зоны города и является левым притоком реки Западная Двина. В верхнем течении водоток канализован. Створы гидробиологических, гидрологических, гидрохимических и гидроморфологических наблюдений НСМОС на ручье Дручанка также отсутствуют.

Водопользование в бассейне ручья Дручанка осуществляют три крупных предприятия города, относящиеся к нефтехимической и теплоэнергетической промышленности, которые суммарно имеют 9 выпусков как производственных, так и поверхностных сточных вод с территорий промплощадок в ручей.

Ранжирование 9 выпусков сточных вод по уровню интенсивности воздействия на ручей Дручанка позволило объединить их в три группы: 1 выпуск – «сильно интенсивное», 4 выпуска – «интенсивное» и 4 выпуска – «умеренное».

С учетом анализа источников воздействия, ручей Дручанка разделен на три участка, на которых РУП «ЦНИИКИВР» и Белгидромет проведен комплекс гидробиологических, гидрологических, гидрохимических и гидроморфологических исследований. Результаты исследований позволили дифференцировать экологическое состояние водотока следующим

образом: в верхнем течении в районе выпусков сточных вод с территорий промпредприятий экологический статус – «очень плохой», в нижнем течении (устье) – «удовлетворительный» [3, с. 25].

Река Уша в черте г. Молодечно определена третьим водотоком для реализации мероприятий по восстановлению.

Комплекс исследований по р. Ушав пределах г. Молодечно включал также и левый приток Уши – реку Молодечанка длиной 5,3 км, водосбор которой целиком находится в пределах города.

Река Уша является одним из немногих малых водотоков, на котором функционирует стационарная сеть наблюдений в рамках НСМОС: гидрохимические и гидробиологические наблюдения регулярно проводятся на двух створах: г. Молодечно (0,3 км севернее города) и г. Молодечно (0,7 км ниже города).

Водопользование в бассейне р. Ушав пределах города осуществляют 9 предприятий, которые как добывают подземные воды в пределах рассматриваемой части водосбора, так и сбрасывают сточные воды в водный объект. Наибольшее воздействие на качество р. Уша оказывают два предприятия: предприятие водопроводно-канализационного хозяйства (осуществляет транспортировку, очистку производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод г. Молодечно и их сброс в р. Уша) и предприятие, обслуживающее сети дождевой канализации (осуществляет сбор, транспортировку и очистку поверхностных сточных вод с территории г. Молодечно, с последующим их сбросом в р. Уша и р. Молодечанка). Сброс поверхностных сточных вод с территории г. Молодечно в р. Уша осуществляется посредством 7 выпусков без очистки, в р. Молодечанка посредством 7 выпусков, из них 2 выпуска – после очистных сооружений дождевых сточных вод.

Ранжирование 8 выпусков сточных вод двух предприятий по уровню интенсивности воздействия на реку Уша позволило объединить их в три группы: 4 выпуска – «сильно интенсивное», 2 – выпуска «интенсивное», 2 – выпуска «умеренное».

Для определения экологического статуса р. Ушав пределах г. Молодечно РУП «ЦНИИКИВР» и Белгидромет проведен комплекс гидрологических, гидробиологических, гидроморфологических исследований на водотоке. Экологический статус р. Ушав пределах г. Молодечно определен как «удовлетворительный» [3, с. 25].

По результатам проведенных исследований и исходя из конкретных преобладающих факторов воздействия на водоток в пределах населенного пункта, для каждого из трех водотоков разработан комплекс водохозяйственных мероприятий, направленных на их сохранение и восстановление.

Мероприятия вместе целевыми показателями по их выполнению вошли в состав программ восстановления водотоков, утвержденных местными исполнительными и распорядительными органами на трехлетний период. Реализация мероприятий, указанных в программах восстановления, направлена на улучшение в дальнейшем экологического статуса ручья Дебря в пределах г. Могилева, ручья Дручанка в пределах г. Новополоцка, реки Уша в пределах г. Молодечно.

Утвержденные программы восстановления малых водотоков в настоящее время активно реализуются основными водопользователями, осуществляющими свою хозяйственную деятельность в пределах водосборов исследуемых водотоков.

В течение 2018 года в рамках утвержденных программы восстановления ручья Дебря в пределах г. Могилева, ручья Дручанка в пределах г. Новополоцка, реки Уша в пределах г. Молодечно реализованы следующие мероприятия:

- завершена инвентаризация выпусков сточных вод дождевой канализации в р. Уша и р. Молодечанка с установлением их балансовой принадлежности;
- проведены расчеты по нормированию поступления поверхностных сточных вод в р. Уша через систему дождевой канализации г. Молодечно;
- завершен капитальный ремонт очистных сооружений дождевых сточных вод, имеющих выпуск в р. Молодечанка, приток р. Уша г. Молодечно;

- завершена инвентаризация выпусков сточных вод дождевой канализации в р. Дебря в г. Могилев с установлением их балансовой принадлежности;
- проведены расчеты по нормированию поступления поверхностных сточных вод в р. Дебря через систему дождевой канализации г. Могилев;
- проведены расчеты по нормированию поступления производственных сточных вод со шламонакопителя предприятия теплоэнергетической промышленности в р. Дручанка;
- проведена очистка карты шламоотвала № 6 предприятия теплоэнергетической промышленности от шлама;
- частично проведены работы по очистке русла р. Дручанка в промзоне г. Новополоцка от илистых донных отложений.

В 2019 г. РУП «ЦНИИКИВР» также запланировано проведение гидробиологических исследований на трех малых водотоках с целью изучения динамики изменения экологического статуса на исследуемых участках с учетом уже реализованных мероприятий.

Конечно, реализация вышеперечисленных мероприятий не позволит быстро достичь желаемого результата, однако планомерное выполнение водопользователями мероприятий, утвержденных программами по восстановлению водотоков, в дальнейшем будет способствовать улучшению экологического состояния малых водотоков.

Список использованных источников

1. Об утверждении перечней государственных и региональных научно-технических программ на 2016-2020 годы // Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25 февраля 2016 г. № 153.
2. Отчет о НИР 2.1.7 подпрограммы II ГНТП «Природопользование и экологические риски», 2016-2020 гг. «Оценить экологическое состояние малых водотоков в пределах крупных населенных пунктов Республики Беларусь и разработать мероприятия по их восстановлению на примере нескольких малых водотоков» (итоговый) // РУП «ЦНИИКИВР» / УДК 504.453/556.53. Минск. – 2017.
3. Отчет о НИР «Гидробиологические исследования на ручье Дебря в г. Могилеве, ручье Дручанка в г. Новополоцке, реке Уша в г. Молодечно и заключение о гидробиологическом состоянии водотоков» (итоговый) // Государственное учреждение «Белгидромет» / УДК 504.453/556.53 Минск. – 2017.
4. ТКП 17.13-21-2015 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический (лабораторный) контроль. Порядок отнесения поверхностных водных объектов (их частей) к классам экологического состояния (статуса) // Утвержден постановлением Минприроды от 29 июня 2015 г. № 5 Т.

УДК: 626.80

Е.И. Громадская, К.С.Титов А.О. Русина

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

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В статье описывается порядок инвентаризации водных объектов в Республике Беларусь с учетом актуальных требований на примере работ, проводимых РУП «ЦНИИКИВР» в период с 2017 г. по 2019 г. в Брестской, Гомельской, Гродненской и Могилевской областях.

По общепринятым данным на территории Республики Беларусь находится значительное количество водных объектов: около 20 000 рек, более 10 000 озер, около 150 водохранилищ и более 150 тыс. км каналов. Основные сведения о гидрологической изученности водных объектов на территории республики относятся к периоду 50-70-х гг. XX века. Процесс их обновления и уточнения носит постоянный характер и продолжается вплоть до настоящего

времени. Однако, актуальные справочные, энциклопедические и фондовые гидрографические данные о водных объектах Республики Беларусь не могут предложить полный структурированный перечень и тематические сведения по каждой из категорий поверхностных водных объектов, как в границах речных бассейнов, так и в границах административных областей. РУП «ЦНИИКИВР» проводит инвентаризацию водных объектов Республики Беларусь, результаты которой в виде базы данных, содержащей картографическую и соответствующую тематическую информацию о водных объектах республики, служат инструментом учета водных ресурсов страны и обеспечивают всех заинтересованных пользователей достоверными и актуальными сведениями о количестве поверхностных водных объектов, их верифицированном местоположении, а так же современном состоянии и хозяйственном использовании в пределах административных областей.

В последние десять лет в Республике Беларусь проводился ряд исследований по сбору, актуализации и уточнению сведений о водных объектах. Важным отличием инвентаризации водных объектов, проводимой РУП «ЦНИИКИВР» в 2017–2019 г.г., от предыдущих исследований является то, что все исследуемые водные объекты идентифицированы на местности с использованием растровой картографической основы масштаба 1:100.000, актуализировано их местоположение при помощи открытых данных ДЗЗ – открытых космоснимков 2018 года спутника Terra (NASA, США), а так же проведено сопоставление исследуемых водных объектов с доступными результатами инвентаризации мелиоративных систем 2014 года, выполненной Государственным объединением по мелиорации земель, водному и рыбному хозяйству «Белводхоз», так как часть гидрографической сети Беларуси подверглась значительным изменениям из-за проведения мелиоративных работ, канализирования, спрямления русел рек.

В период с 2017 г. по 2019 г. РУП «ЦНИИКИВР» проводит инвентаризацию водных объектов Республики Беларусь в рамках мероприятия «Инвентаризация водных объектов (реки, озера, водохранилища, пруды, родники и ручьи)» подпрограммы 2 «Развитие государственной гидрометеорологической службы, смягчение последствий изменения климата, улучшения качества атмосферного воздуха и водных ресурсов» Государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2016-2020 гг., утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 17.03.2016 г. № 205 [1].

Общая схема проведения работ по инвентаризации водных объектов в разрезе административных единиц (областей) включает следующие практические шаги:

1. анализ и обобщение доступной картографической и тематической информации с определением начального перечня исследуемых поверхностных водных объектов изучаемой области;

2. разработка ГИС слоев поверхностных водных объектов изучаемой области в системе координат WGS84 с точностью масштаба 1:100.000 и их верификация по открытым данным Дистанционного Зондирования Земли (ДЗЗ) и данным открытых картографических интернет сервисов для последующей интеграции в ИС ГВК;

3. сбор и уточнение доступной тематической информации об исследуемых объектах изучаемой области в соответствии с макетом «Реестр поверхностных водных объектов Республики Беларусь» [2] для водотоков, озер, водохранилищ, прудов, родников с проведением необходимого комплекса экспедиционных работ;

4. наполнение веб раздела «Реестр поверхностных водных объектов Республики Беларусь» ИС ГВК подготовленной картографической и соответствующей тематической информацией об исследуемых поверхностных водных объектах изучаемой области.

Объектом исследования при проведении инвентаризации водных объектов Гомельской, Гродненской и Могилевской областей в 2018 и 2019 г.г. выступили водные объекты на территории данных областей со следующей детализацией: водотоки с площадью водосбора от 30 км², водоемы с площадью водной глади от 0,5 км², родники.

Основные тематические сведения о поверхностных водных объектах Беларуси, содержатся в фондовых материалах и справочниках. Так же при составлении перечня водных объектов, подлежащих инвентаризации, учитывались результаты ранее проведенных работ.

Картографирование и разработка ГИС слоев исследуемых водных объектов Республики Беларусь подразумевает оцифровку контуров водных объектов с растровой основы средствами ГИС с открытым кодом (QGIS) в системе координат WGS84 с точностью масштаба 1:100.000.

Линейные и полигональные ГИС слои исследуемых поверхностных водных объектов создаются в системе координат WGS-84 (worldgeodeticssystem 1984) – всемирная система геодезических параметров Земли 1984 г., в число которых входит система геоцентрических координат. WGS-84 является единой глобальной системой координат для всей планеты в отличие от локальных систем координат. Для описания положения пространственных объектов на поверхности Земли в WGS-84 используются градусы широты и долготы и иногда значения высоты. Обозначение системы координат в QGIS – EPSG: 32635 WGS84/UTM zone 35.

Полученные ГИС слои водных объектов отражают точное актуальное местоположение водных объектов и могут быть спроецированы на общедоступных картографических подложках и основах (Google Maps, Open Street Maps и др.).

Растровая картографическая основа представляет собой «сшитые» листы топографических карт масштаба 1:100.000, приведенные к системе координат WGS84 в специализированном программном средстве Global Mapper 17 в формат geotiff. Результат разработки растровых картографических основ для нужд инвентаризации водных объектов представлен на рисунке 1. Детализация растровой картографической основы для нужд инвентаризации на примере Гомельской области представлена на рисунке 2.

Разработанные линейные и полигональные ГИС слои поверхностных водных объектов Гомельской области (водотоки с площадью водосбора от 30 км², водоемы с площадью водной глади от 0,5 км², родники) в системе координат WGS84 с точностью масштаба 1:100.000 содержат картографическую информацию о 1284 уникальных водных объектах Гомельской области, включая: 410 водотоков (реки, каналы, ручьи), 429 озер, 23 водохранилища, 285 прудов и 137 родников.

Для территории Гродненской и Могилевской областей в 2019 г. в рамках инвентаризации водных объектов разрабатываются линейные и полигональные ГИС слои 1326 и 1298 поверхностных водных объектов соответственно.

На рисунке 3 представлен результат разработки ГИС слоев поверхностных водных объектов на примере Гомельской области.

Комплексной информационной веб системой в части управления водными ресурсами страны в настоящее время в Республике выступает Информационная система государственного водного кадастра (ИС ГВК). Веб раздел «Реестр поверхностных водных объектов Республики Беларусь» ИС ГВК наполняется картографическими и соответствующими тематическими сведениями о поверхностных водных объектах Республики Беларусь по результатам проведения их инвентаризации.

С целью сбора и уточнения недостающей тематической информации о поверхностных водных объектах в соответствии с требованиями макета «Реестр поверхностных водных объектов Республики Беларусь» РУП «ЦНИИКИВР» проводятся экспедиционные полевые исследования родников изучаемой области.

Исходной информацией для инвентаризации родников выступают данные открытых интернет ресурсов [3], [4].

Типовая программа экспедиционных исследований родников включает сбор следующих сведений:

- поиск и подтверждение наличия родника как водного объекта;
- определение точного местоположения родника с указанием реальных географических координат выхода на поверхность подземных вод в системе координат WGS84;
- фотографирование родника;

- описание степени обустроенности родника для возможного посещения;
- определение источника питания родника;
- описание характера действия родника в зависимости от напора;
- описание принадлежности родника к особо охраняемым природным территориям (ООПТ);
- описание морфометрических, гидрологических характеристик родника (дебит, скорость течения, ширина и глубина родникового ручья, прозрачность воды, размер родниковой ванны);

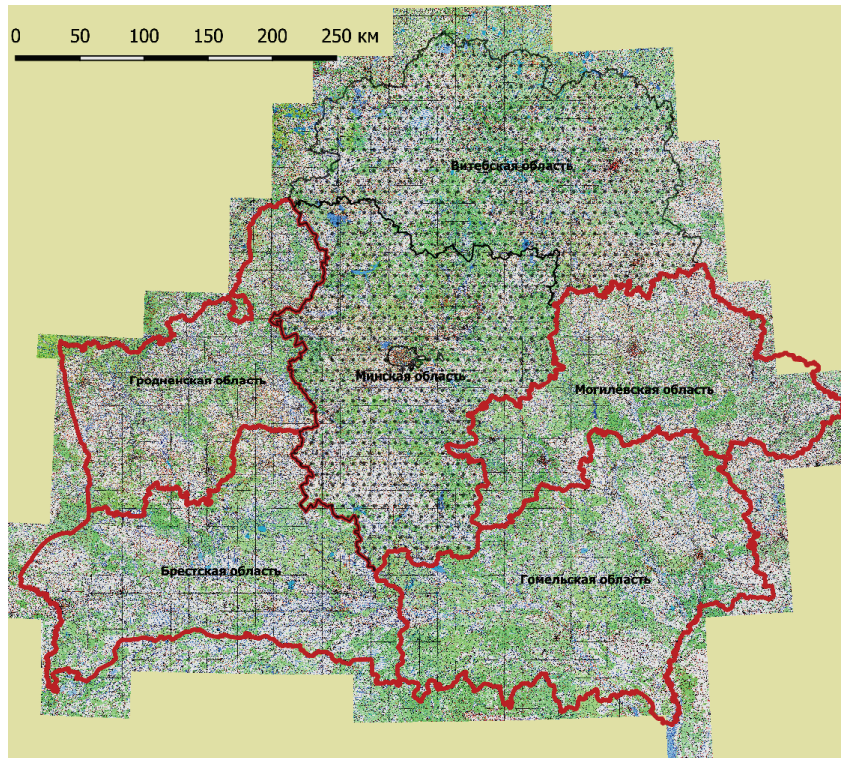


Рисунок 1 – Растровые картографические основы Брестской, Гомельской, Гродненской и Могилевской областей в системе координат WGS84 масштаба 1:100.000

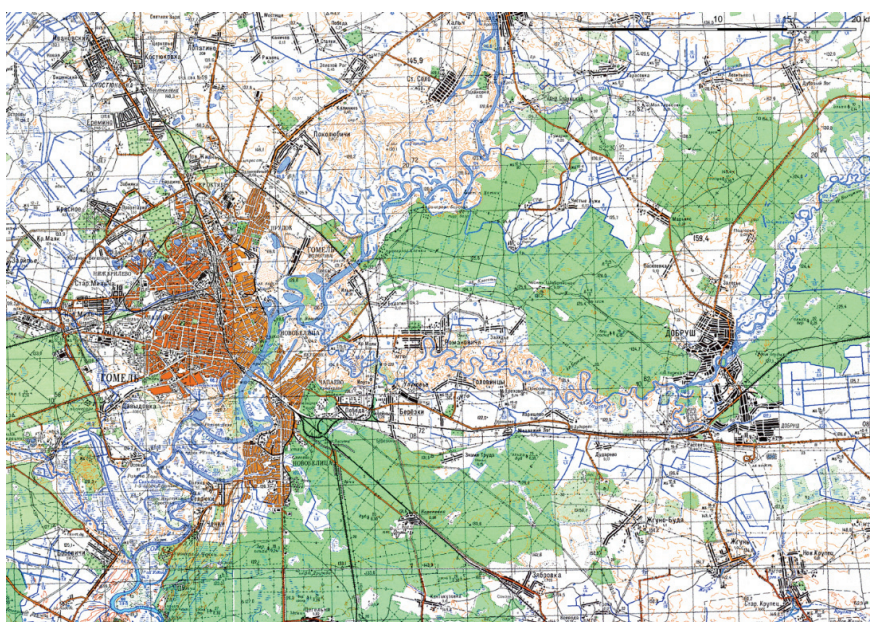


Рисунок 2 – Детализация растровой картографической основы Гомельской области масштаба 1:100.000 (размер клетки 2x2 км)

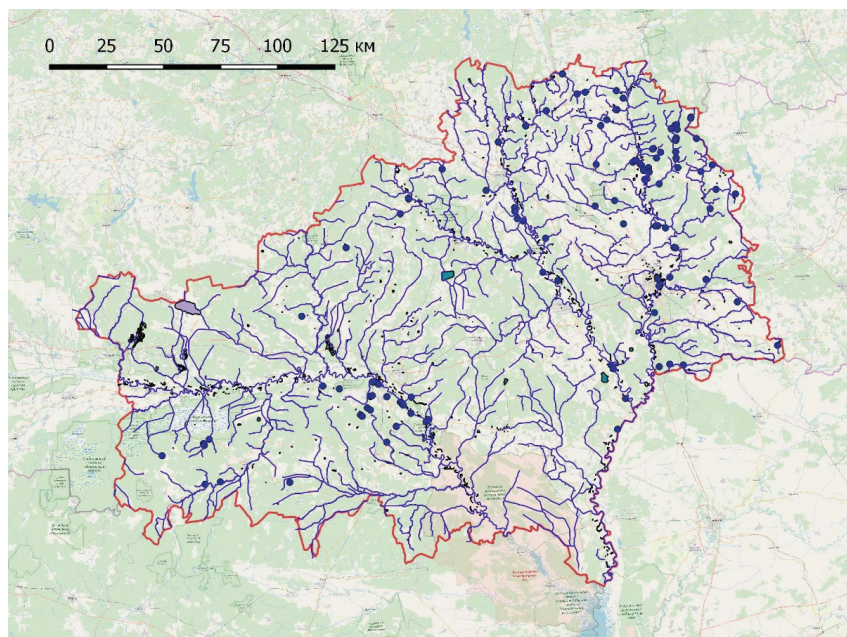


Рисунок 3 – Сопоставление 1284 уникальных оцифрованных поверхностных водных объектов Гомельской области с открытой картой интернет ресурса www.openstreetmaps.org

В 2018 году в Гомельской области в рамках 6 экспедиционных исследований обследованы 238 родников. Подтверждены – 137 родников, что составляет 58 % от общего количества. Описание всех 137 родников Гомельской области с фотографиями и верифицированными координатами их точного местоположения представлено в отчете РУП «ЦНИИКИВР» [5].

Для Гродненской и Могилевской областей на первом этапе инвентаризации составлены первоначальные перечни, включающие 298 родников Гродненской области и 327 родников Могилевской области, которые необходимо верифицировать.

Пример предоставления сведений о подтвержденных родниках Гродненской области по результатам полевых экспедиционных выездов в 2019 г. представлен на рисунке 4.

Собранные сведения по родникам Гомельской области включаются в макет «Реестр поверхностных водных объектов Республики Беларусь» для родников.

Фото	Описание	Фото	Описание
	род. Мир 1, н.п. Мир, Кореличский район, координаты 53.447316, 26.482042, дебит – 0,05 л/с. постоянный, обустроен.		род. Живой и мертвой воды, н.п. Косичи, Новогрудский район, координаты 53.45634, 25.80921, постоянный, артезианский, дебит – 0,75 л/с, постоянный, обустроен.

Рисунок 4 – Пример предоставления сведений о подтвержденных родниках Гродненской области

С целью актуального визуального представления исследуемых родников Гомельской области по результатам полевых экспедиционных исследований на основе собранных географических координат специалистами РУП «ЦНИИКИВР» создается точечный ГИС слой в системе координат WGS84, который отражает точное актуальное местоположение родника

и может быть спроецирован на общедоступных картографических подложках и основах (Google Maps, Open Street Maps и др.).

Доступ к имеющейся информации о водных объектах Республики Беларусь по результатам проведенной инвентаризации возможен посредством организации пользовательских запросов в веб разделе «Реестр поверхностных водных объектов Республики Беларусь» ИС ГВК на официальном сайте РУП «ЦНИИКИВР» по адресу: <http://www.cricuwr.by>.

Предусмотрена возможность дополнения веб раздела ИС ГВК недостающей информацией о водных объектах по мере ее поступления.

Список использованных источников

1. Государственная программа «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2016-2020 гг., утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 17.03.2016 г. № 205 (Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 24.03.2016, 5/41827).

2. Отчет о НИР. Разработать научные основы подготовки и ведения реестра водных объектов Республики Беларусь. Этап 1. Провести анализ реестров водных объектов (информационных ресурсов по водным объектам) и обзор нормативных правовых актов по их ведению в сопредельных странах; Определить критерии для формирования структуры Реестра водных объектов. Разработать макет Реестра водных объектов Республики Беларусь с возможностью его интеграции с автоматизированной информационной системой государственного водного кадастра, 2017 г. (договор №46/2017).

3. Родники Беларуси [Информационный ресурс] – режим доступа: <http://rodnikbel.tk> – свободный.

4. Публичная кадастровая карта Республики Беларусь [Информационный ресурс] – режим доступа: <http://map.nca.by/map.html> – свободный.

5. Отчет о выполнении работ по договору № 27/3/1.14/2018 «Инвентаризация водных объектов (реки, озера, водохранилища, пруды, родники и ручьи)» Этап 4., рук. Титов К.С., Минск, 2018.

Inventory of water objects in the Republic of Belarus, E. Hramadskaya, K. Tsitou, A. Rusina. The article contains the features of the inventory of water objects in the Republic of Belarus with account of actual requirements on the example of works in Brest, Gomel, Grodno and Mogilev regions in 2017-2019.

УДК 504.453/556.53

Л.Н. Гертман, А.П. Станкевич
РУП «ЦНИИКИВР», г. Минск

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ОСОБО ОПАСНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, ПОСТУПАЮЩИХ В СОСТАВЕ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Проблема применения особо опасных загрязняющих веществ (далее – ОЗВ) в различных отраслях хозяйственной деятельности международным сообществом определена как глобальная экологическая угроза, требующая принятия немедленных мер. Эти вещества, даже в небольших количествах, оказывают негативное воздействие, как на окружающую среду, так и на здоровье человека.

Лабораторные исследования сточных вод с целью выявления в них ОЗВ довольно дороги, поэтому важным является определить четкий перечень отраслей экономики, конкретных предприятий и перечень наиболее вероятных ОЗВ, содержащихся в их сточных водах, периодичность обора проб. В этой связи в рамках Государственной научно-технической программы «Природопользование и экологические риски» в 2016-2019 гг.

проводились работы по оценке влияния на поверхностные водные объекты особо опасных загрязняющих веществ, сбрасываемых в составе сточных вод промышленных предприятий. Проведение данной работы важно для предотвращения и минимизации отрицательного влияния на окружающую среду и здоровье населения ОЗВ, а также реализации положений Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях. Результаты исследований могут быть также использованы при подготовке отчётности и инвентаризации поступления отдельных загрязняющих веществ в окружающую среду. Так поступление ртути со сточными водами или при сжигании осадка сточных вод может быть рассчитано с учётом выявления наличия ртути в сточных водах для подготовки отчётности по Минаматской конвенции.

На основе анализа данных государственной статотчетности водопользователей по форме «1-Вода (Минприроды)», применяемых промышленными предприятиями Республики Беларусь технологий, данных территориальных органов Минприроды, анкетирования промышленных предприятий сформирован перечень предприятий, сточные воды которых, исходя из специфики производственных процессов, могут содержать ОЗВ [4, 5].

Анализ характеристик предлагаемых в перечень ОЗВ и применяемых промышленными предприятиями Беларуси технологий, позволил сделать вывод, что наиболее вероятно наличие ОЗВ в сточных водах предприятий по производству:

- текстильных изделий, одежды, изделий из кожи и меха;
- изделий из дерева и бумаги;
- полиграфии;
- химических продуктов;
- фармацевтических продуктов и фармацевтических препаратов;
- резиновых и пластмассовых изделий;
- металлургическому;
- электрооборудования;
- машин и оборудования;
- транспортных средств;
- продуктов питания, напитков и табачных изделий.

Особо необходимо дополнительно отметить секцию «Водоснабжение; сбор, обработка и удаление отходов, деятельность по ликвидации загрязнений», на предприятия которой поступают сточные воды и твердые отходы. Это вызывает необходимость детального анализа перечня абонентов таких предприятий для определения возможного итогового состава ОЗВ в их сточных водах.

Установлено, что на территории Республики Беларусь есть вероятность наличия ОЗВ в сточных водах 104 предприятий, отводящих свои сточные воды в систему очистных сооружений 15 предприятий коммунальной канализации, и 18 промышленных предприятий сбрасывают сточные воды в поверхностные водные объекты [6].

Наиболее вероятными ОЗВ в составе сточных вод промышленных предприятий Беларуси являются: гексахлорбензол; полициклические ароматические углеводороды: бензо(а)пирен, бензо(б)флуорантен, бензо(г, h, i) пирилен, бензо(к)флуорантен, инден(1, 2, 3-сd)пирен; полихлорированные бифенилы (ПХБ); трихлорбензол; нафталин; ртуть; никель; кадмий; свинец; бромдифенилэфиры; перфтороктановая сульфоновая кислота, ее соли; ди(2-этилгексил)фталат (диоктилфталат); октилфенол ((4-(1,1',3,3'-тетраметилбутил)-фенол); дихлорметан (метилен хлорид, хлористый метилен); трихлорэтилен; нонилфенолы (4-(пара)-нонилфенол).

Для достоверного определения наличия ОЗВ в природных водах необходимо проведение отбора серии проб на протяжении длительного периода. Многие ОЗВ определяются в воде исключительно вблизи выпуска сточных вод, однако имеют свойство накапливаться в донных отложениях и в тканях живых организмов, увеличиваясь по трофической цепи.

Выявленные отдельные ОЗВ в ДО водных объектов Беларуси свидетельствует о наличии источников загрязнения и аккумуляции ОЗВ в водных объектах. Особенно ярко подоб-

ная зависимость обнаруживается в бассейнах рек урбанизированных районов, где водотоки являются основными приёмниками сточных вод. Например, по результатам исследований [56, 146] отдельные ОЗВ были выявлены в донных отложениях р. Березина (н.п. Якимова Слобода) и р. Свислочь (н.п. Королищевичи), донных отложениях отдельных водоемов бассейна р. Западная Двина [154]. Это требует организации аналитического (лабораторного) контроля за содержанием ОЗВ в поверхностных и сточных водах.

ОЗВ, определенные как наиболее вероятные в составе сточных вод предприятий Беларуси, имеют широкое распространение в составе сточных вод, в воде и донных отложениях водных объектов в зарубежных странах. ОЗВ определяются в сточных водах и водных объектах даже после принятия жестких ограничений по использованию данных веществ и глубокой очистки сточных вод. Ограничения и контроль за производством веществ, использованием их в технологических процессах и качеством сточных вод предприятий позволили странам Европы и Северной Америки значительно снизить поступление ОЗВ в окружающую среду к началу 2000 гг.

Концентрации большинства органических соединений значительно снижаются в результате очистки сточных вод, при этом плохо разлагаемые органические вещества переходят в осадок. Комплексное внедрение современных технологий на производстве и совместно с технологиями очистки сточных вод позволяет существенно снизить поступление ОЗВ в водные объекты. Однако, следует учитывать, что некоторые из ОЗВ в окружающую среду поступают с хозяйственно-бытовыми сточными водами. В этой связи контроль за поступлением ОЗВ в страну с готовой продукцией является важным фактором снижения загрязнения окружающей среды. Кроме самих сточных вод большинство ОЗВ, накапливаясь в осадке сточных вод, попадают в природные воды при захоронении данного осадка. Мощным источником поступления ОЗВ в природные воды являются полигоны ТКО, в фильтрате которых могут быть ОЗВ в значительных концентрациях. Отдельные ОЗВ, например, Ди(2-этилгексил)фталат (диоктилфталат)), поступают в водные объекты в составе поверхностных сточных вод с территории населенных пунктов.

Коммунальные очистные сооружения сточных вод не предназначены для очистки от ОЗВ, вместе с тем, их удаление на таких сооружениях может производиться, а степень их удаления зависит от применяемых процессов очистки, биоразлагаемости удаляемых веществ и ряда других факторов. При этом управление эффективностью удаления ОЗВ на таких сооружениях практически трудно реализуемо. Накопление биологически неразлагаемых ОЗВ в осадке приводит к существенным проблемам с обработкой осадка и его утилизацией.

Наиболее эффективным является максимальное снижение содержания ОЗВ в сточных водах до их поступления на коммунальные очистные сооружения. Очистка производственных сточных вод с удалением веществ из перечня ОЗВ может быть организована с использованием регенеративных методов с концентрированием целевых групп веществ с их последующим извлечением и утилизацией, либо с применением деструктивных методов очистки с целью разрушения загрязняющего вещества до простейших органических или неорганических веществ с минимизацией их негативного воздействия при их эмиссии в окружающую среду.

Удаление тяжелых металлов при очистке производственных сточных вод (ртуть, никель, свинец, кадмий) может осуществляться химическим осаждением при нейтрализации, карбонатным и сульфидным осаждением. Доочистка сточных вод от тяжелых металлов применением методов концентрирования сорбцией, ионным обменом, мембранным разделением.

Предварительное удаление биологически разлагаемых и неразлагаемых органических ОЗВ может производиться методами механической очистки, включающими процеживание, отстаивание, фильтрование, сепарацию с использованием центробежных сил, а также методами механической очистки с дополнительной физико-химической обработкой для интенсификации процессов разделения с дозированием коагулянтов и флокулянтов. Доочистка – применением методов концентрирования, сорбции, ионного обмена, мембранного раз-

деления, экстракции, эвапорации или деструктивных методов биологического окисления и восстановления, химического и электрохимического окисления, термоокисления.

С целью предотвращения поступления ОЗВ в водные объекты, кроме внедрения современных технологий очистки, требуется также организация регулярных наблюдений за содержанием ОЗВ в сточных и поверхностных водах в рамках локального мониторинга окружающей среды на соответствующих предприятиях, а также аналитического (лабораторного) контроля в области охраны окружающей среды.

В настоящее время в Беларуси отсутствуют лаборатории, аккредитованные на анализ содержания в поверхностных и сточных водах следующих веществ:

- бромированные дифенилэферы (№28, 47, 99, 100, 153, 154);
- диоксины и диоксиноподобные соединения;
- дихлорметан;
- трихлорэтилен;
- перфтороктансульфоновая кислота и ее производные (ПФОС);
- ди(2-этилгексил)-фталат (ДЕНП);
- нонилфенолы (4-нонилфенол);
- октилфенолы ((4-(1,1',3,3'-тетраметилбутил)-фенол)).

Совершенствование приборно-аналитического парка лабораторий системы Минприроды и увеличение его производительности в настоящее время является основным и решающим фактором для организации регулярных наблюдений за содержанием ОЗВ в объектах окружающей среды.

Требуется проведение работ по обеспечению приборной базой для определения следующих ОЗВ:

- Дихлорметан;
- Трихлорэтилен;
- Перфтороктансульфоновая кислота и ее производные (ПФОС);
- Ди(2-этилгексил)-фталат (ДЕНП);
- Нонилфенолы (4-нонилфенол);
- Октилфенолы ((4-(1,1',3,3'-тетраметилбутил)-фенол));
- Бромированные дифенилэферы (№28, 47, 99, 100, 153, 154);
- следовых концентраций ртути методом атомной флуоресцентной спектроскопии;
- Диоксины и диоксиноподобные соединения – (кроме диоксиноподобных ПХБ).

Важной задачей также является проведение дальнейшей гармонизации с международными стандартами методической базы Республики Беларусь по определению отдельных ОЗВ (в первую очередь, полибромдифенилэфиров) в объектах окружающей среды.

Кроме того, требуется повышение уровня квалификации специалистов Республики Беларусь, задействованных в организации и проведении наблюдений за содержанием ОЗВ, в том числе участие аккредитованных лабораторий в программах проверки квалификации (межлабораторных сличениях), организуемых соответствующими провайдерами.

Ознакомление с опытом передовых европейских лабораторий как по вопросам организации и функционирования системы менеджмента в лаборатории, так и в части организации наблюдений и методического обеспечения проведения измерений концентраций ОЗВ в объектах окружающей среды, позволит повысить уровень квалификации белорусских специалистов, и, в конечном итоге, будет способствовать совершенствованию системы мониторинга в республике в целом.

На основании полученных результатов в настоящее время проводятся работы по организации получения полной, своевременной и достоверной информации о содержании ОЗВ в объектах окружающей среды и основных источниках их поступления в природную среду. В первую очередь это организация системы регулярных наблюдений за содержанием ОЗВ в поверхностных и сточных водах, а в долгосрочной перспективе – интеграция блока мониторинга ОЗВ в НСМОС.

ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТОВ ВОДООХРАННЫХ ЗОН ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В 2015 году в Республике Беларусь вступил в действие Водный кодекс Республики Беларусь (далее – Кодекс), содержащий новые требования к водоохранным зонам, прибрежным полосам водных объектов и режиму осуществления хозяйственной и иной деятельности в пределах территорий. Согласно пункту 8 статьи 63 проекты водоохранных зон и прибрежных полос, утвержденные до вступления в силу Кодекса, должны быть приведены в соответствие с требованиями статьи 52[1].

Основная задача водоохранных зон (далее – ВЗ) и прибрежных полос (далее – ПП), заключается в предотвращении загрязнения и засорения поверхностных водных объектов путем установления здесь особого режима осуществления хозяйственной и иной деятельности.

С момента вступления в силу Водного кодекса Республики Беларусь 21.05.2015 РУП «ЦНИИКИВР» накоплен значительный опыт выполнения проектов ВЗ и ПП [2, 3].

Наиболее трудоемкими и сложными являются работы по корректировке ВЗ и ПП для административного района в целом.

Разработка проектов ВЗ и ПП предусматривает следующие виды работ:

1. Подготовительные:

- подбор и приобретение необходимых планово-картографических материалов;
- сбор и систематизацию данных о гидрологических характеристиках поверхностного водного объекта, речном стоке, площади (в том числе водосборной) и протяженности поверхностного водного объекта, его целевом использовании, источниках загрязнения поверхностных вод, а также сведений и материалов, характеризующих существующие природные условия и характер землепользования, в том числе рельеф местности и вид земель;
- анализ функционального использования исследуемой территории, определение уровня инженерно-технической инфраструктуры исследуемой территории;

2. Полевые:

- уточнение на местности природных условий;
- обследование объектов, которые могут оказывать вредное воздействие на поверхностный водный объект;

3. Камеральные:

- анализ и обобщение результатов полевых работ;
- составление перечня точечных и диффузных источников загрязнения поверхностного водного объекта с проведением анализа уровня антропогенного воздействия и характера землепользования исследуемой территории;
- нанесение на планово-картографические материалы буферных зон, соответствующих размерам ВЗ и ПП, источников загрязнения и информационных знаков;
- подготовку обоснования по устанавливаемым границам ВЗ и ПП;
- разработку мероприятий, направленных на сохранение и восстановление поверхностного водного объекта.

На первом этапе разработки проекта важным условием является подбор актуальных планово-картографических материалов. В соответствии с требованиями постановления Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 04.05.2015 № 18 границы ВЗ и ПП наносятся на планово-картографические материалы с применением *ГИС-технологий*. Границы ВЗ для межселенных территорий, а также границы ВЗ в населенных пунктах наносятся на планово-картографические материалы масштаба

1:10000. Границы ПП в городах и поселках городского типа наносятся на планово-картографические материалы масштаба 1:2000 [5].

Для разработки проектов ВЗ и ПП, как правило, используется земельно-информационная система (далее – ЗИС). База геоданных ЗИС Республики Беларусь содержит информацию о земельных участках, их границах и административно-территориальной принадлежности, распределении земель по категориям и видам прав на землю, землевладельцам и землепользователям, видах земель (земельное покрытие) и их мелиоративном состоянии, ограничениях землепользования, текущих изменениях в составе и распределении земель, а также элементы топографического содержания [4]. Пространственные слои базы геоданных ЗИС объединены в ряд групп слоев, из которых для разработки проектов ВЗ и ПП непосредственно используются следующие слои: Admi – объекты административно-территориального и территориального деления; Lots – поворотные точки, границы и собственно земельные участки собственников, владельцев, пользователей, арендаторов; Land – контуры земель (рисунок 1).

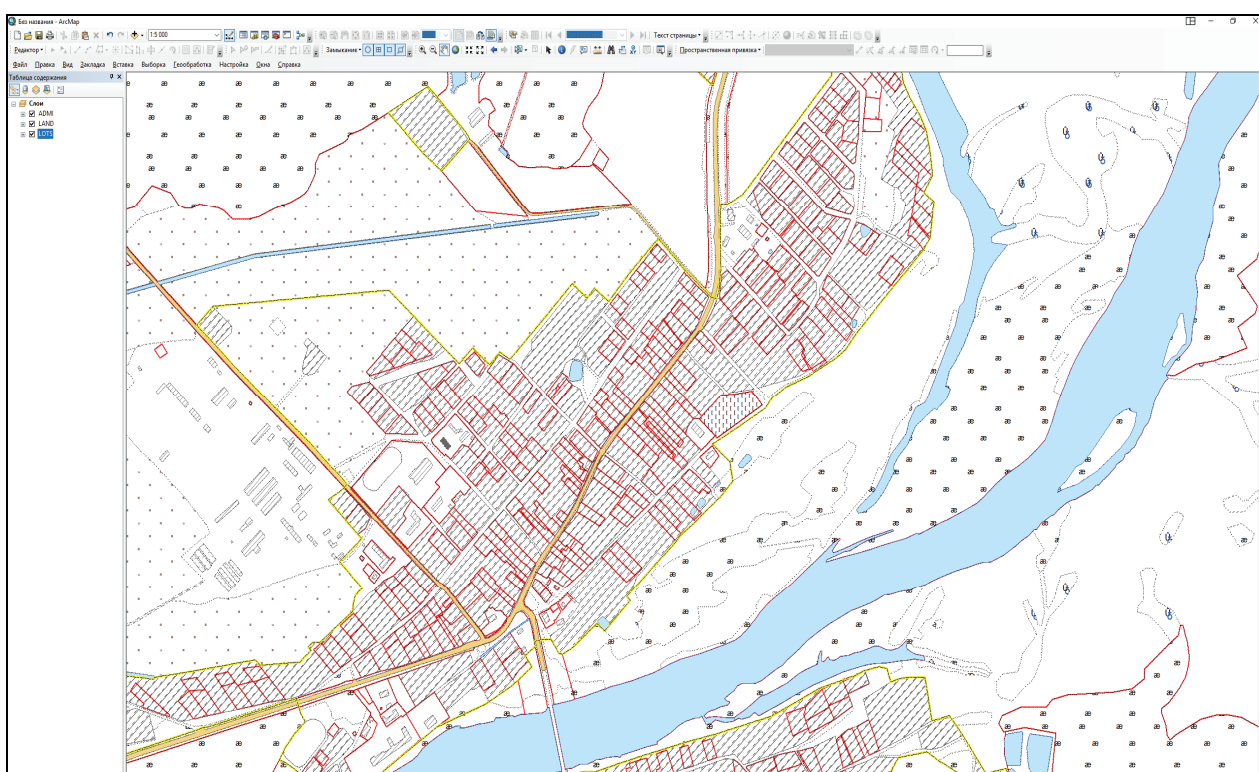


Рисунок 1 – Пространственные слои ADMI, LAND, LOTS базы геоданных ЗИС

Важным элементом на данном этапе является классификация водных объектов в соответствии со статьей 5 Водного кодекса, что дает основание для установления размеров границ ВЗ и ПП. Для этого проводится анализ литературных данных и доступных картографических материалов различных лет съемки с наложением на современные условия.

На подготовительном этапе также важным являются сбор и систематизация данных о поверхностных водных объектах территории, а также о существующих природных условиях и характере землепользования.

При разработке проектов водоохранных зон и прибрежных полос водных объектов размеры границ ВЗ и ПП устанавливаются на основании всестороннего анализа природных условий водосборной территории водного объекта, в частности рельефа местности, климатических, почвенных, гидрогеологических условий, соотношения различных видов землепользования (вида земель, функционального использования территории) и прочих природных и антропогенных факторов и условий согласно пункту 1 статьи 52 Водного кодекса.



Рисунок 2 – Пример наложения картографических материалов съемки 1948 года на современную космосъемку



Рисунок 3 – Цифровая модель рельефа, наложенная на ЗИС

В населенных пунктах дополнительно ширина ВЗ и ПП устанавливается исходя из утвержденной градостроительной документации с учетом существующей застройки, системы инженерного обеспечения и благоустройства согласно пункту 6 статьи 52 Водного кодекса.

Работы предусматривают проведение анализа литературных источников по описанию гидрологических характеристик водных объектов, климатических, гидрологических, гидрогеологических и других природных особенностей территории, имеющих проекты ВЗ и ПП, различной кадастровой информации, схем комплексной территориальной организации регионов, проектов детального планирования.

Анализ функционального использования исследуемой территории позволяет определить потенциальные источники негативного воздействия на водные объекты – точечные и диффузные.

На этапе полевых исследований проводится уточнение на местности природных условий: основных элементов рельефа, прилегающего к поверхностному водному объекту, состояния и характера использования земель, определение эрозионно опасных участков, а также видов земель, в том числе находящихся под застройкой с нанесением на планово-картографические материалы участков, подлежащих залужению, посеву и посадке водоохранных лесонасаждений, рекультивации нарушенных земель.

В населенных пунктах особое внимание уделяется элементам благоустройства территории, в частности состоянию систем инженерного обеспечения и благоустройства в соответствии с требованиями постановления Совета Министров Республики Беларусь от 28.11.2012 № 1087 «Об утверждении Правил благоустройства и содержания населенных пунктов».

Обследование объектов, которые могут оказывать вредное воздействие на поверхностный водный объект, проводится с целью определения условий их дальнейшей эксплуатации или выноса за пределы ВЗ и ПП с учетом действующего законодательства.

Анализ и обобщение результатов подготовительных и полевых работ включает нанесение на планово-картографические материалы с применением ГИС-технологий границ ВЗ и ПП, подготовку обоснования по размерам границ и разработку мероприятий, направленных на сохранение и восстановление поверхностного водного объекта.



Рисунок 4 – Пример наложения современного космического снимка на ЗИС с нанесенными границами ВЗ и ПП, источниками загрязнения и информационными знаками

Обоснование размеров границ ВЗ и ПП базируется на оценке возможной степени антропогенного воздействия с учетом соотношения природных условий и существующей антропогенной нагрузки.

Для того, чтобы ВЗ выполняли свою защитную функцию, назначение размеров границ осуществляется на основе расчетов возможного выноса загрязняющих веществ с водосбора. Например, с целью математического подтверждения установления размеров границы ВЗ и ПП осуществляется расчет их параметров по отдельным профилям на основе эмпирической зависимости, учитывающей геоморфологические особенности водосборной территории (рельефа и почвенного покрова), характер подстилающей поверхности, интенсивность ливневых осадков. Размеры ВЗ и ПП должны быть научно обоснованы, что позволяет, с одной стороны, обеспечить выполнение основных принципов охраны и использования вод, заложенных в Водном кодексе – обеспечение рационального (устойчивого) водополь-

зования; предупреждение загрязнения, засорения вод, а с другой вести экономически эффективную хозяйственную деятельность без дополнительных необоснованных ограничений.

Для объектов, расположенных в пределах ВЗ, разрабатываются мероприятия, направленные на сохранение и восстановление поверхностного водного объекта с учетом действующего природоохранного законодательства, технических нормативных правовых актов, современных технологий и наилучших доступных технических методов.

Таким образом, комплексный подход при разработке проектов ВЗ и ПП с использованием геоинформационных технологий положительно зарекомендовал себя на правоприменительной практике, как удачное сочетание соблюдения экологических и экономических интересов в установлении размеров границ ВЗ и ПП, а также реализующий основную цель водоохранных зон и прибрежных полос, заключающуюся в предотвращении загрязнения и засорения поверхностных водных объектов.

Список использованных источников

1. Водный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс]: 30 апреля 2014 г., № 149-З: принят Палатой представителей 2 апреля 2014 г.: одобр. Советом Респ. 11 апреля 2014 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.
2. Гертман, Л.Н. Из опыта разработки проектов водоохранных зон и прибрежных полос в соответствии с действующим законодательством / Л.Н. Гертман, И.Ю. Буко, А.П. Шариков // Земля Беларуси – № 1. – март 2018. – С. 45-48.
3. Гертман, Л.Н. Из опыта разработки проектов водоохранных зон и прибрежных полос в соответствии с действующим законодательством / Л.Н. Гертман, И.Ю. Буко, А.П. Шариков // Земля Беларуси – №2. – июнь 2018. – С. 20-23.
4. Курлович, Д.М. ГИС-картографирование земель : учеб.-метод. Пособие / Д. М. Курлович. – Минск : БГУ, 2011. – 244 с.
5. О требованиях к разработке проектов водоохранных зон и прибрежных полос [Электронный ресурс]: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 04 мая 2015 г., № 18 (с изменениями от 17.03.2017 № 9). // Право Беларуси. – Режим доступа: <http://www.lawbelarus.com/005048>. – Дата доступа: 09.01.2019.

УДК 504.453/556.53

В.Н. Корнеев, Е.Е. Петлицкий, К.С. Титов, И.А. Булак
Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» (РУП «ЦНИИКИВР»)

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ, ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕКИ ЗАПАДНЫЙ БУГ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ИХ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ

Оценка изменения гидроморфологических, гидрохимических и гидрологических показателей реки Западный Буг с разработкой соответствующего состава мероприятий по снижению негативных последствий этих изменений выполнена РУП «ЦНИИКИВР» в 2016-2018 годах [1] в рамках задания 2.1.6 подпрограммы II ГНТП «Природопользование и экологические риски» (2016-2020 гг.).

Первым компонентом выполнения работ по заданию являлась оценка изменения гидроморфологических показателей реки Западный Буг. Государственная граница Беларуси с Польшей проходит, в том числе, по трансграничному участку реки Западный Буг. Учитывая, что река Западный Буг не является судоходной, граница проходит посередине реки.

По берегам реки Западный Буг имеются абразионные участки, как с белорусской, так и с польской стороны, причем большей частью со стороны правого (белорусского) берега из-за характера течения реки в основном с юга на север и направления вектора силы Кориолиса. Сила Кориолиса возникает при движении объекта относительно вращающейся системы отсчёта (в данном случае – Земли) и заставляет движущиеся вдоль поверхности Земли объекты (в данном случае, поток воды в русле реки Западный Буг) отклоняться вправо по отношению к направлению движения. Указанное отклонение вправо характерно для всех движущихся объектов в северном полушарии, также как влево – в южном полушарии. Сила Кориолиса, как правило, мала по сравнению с другими силами (в сотни раз меньше силы тяжести, которая, например, обуславливает движение воды в водотоках), однако эффект ее воздействия становится заметными для движений, происходящих на больших расстояниях и при длительных периодах времени.

Оценка современного состояния абразионных берегов на пограничном участке реки Западный Буг по интенсивности русловых и пойменных процессов включала разработку методики и программы проведения оценки гидроморфологических показателей, экспедиционные исследования и гидравлические расчеты. Общая характеристика указанной методики приведена в таблице 1.

С использованием разработанной методики выполнена оценка изменения гидроморфологических показателей реки Западный Буг. Основными факторами, которые привели к смещению линии середины реки Западный Буг, выступили: абразия (размыв) берегов, прорыв меандров, многорукавность (образование отмелей и островов). Максимальное определенное смещение составило 470 м. Выявлено 36 участков реки Западный Буг со значительным (более 100 м) смещением линии середины реки за 35-летний период и 198 участков многорукавности – образования отмелей и островов.

Таблица 1 – Общая характеристика методики проведения оценки гидроморфологических показателей с учетом специфики решаемых задач для реки Западный Буг

№ п.п.	Категория, для каких оценок используется	Гидроморфологические показатели
1	<i>Геометрия русла</i> – для общей оценки меандрирования реки	Извилистость реки, ветвление русла
2	<i>Донные отложения</i> – для оценки устойчивости русла и вертикальных (глубинных) деформаций русла	Общая характеристика донных отложений
3	<i>Характер эрозии, отложений</i> – для выявления особенностей русла и основания берега	Наличие отмелей и островов (поросших растительностью или непокрытых)
4	<i>Характеристики течения воды</i> – для оценки гидрологического режима и устойчивости русла	Характеристики скоростного режима течений для живого сечения реки
5	<i>Устойчивость русла</i>	Характеристики допустимых (неразмывающих) скоростей
6	<i>Наличие гидротехнических и других сооружений, влияющих на гидрологический режим реки</i>	Общее описание сооружений: плотины; дамбы; шлюзы; примыкающие к реке водоотводящие или водоподводящие трубы; трубопроводы, пересекающие реку
7	<i>Берега реки/ прибрежные зоны</i> – для оценки плановых и вертикальных деформаций берега	Актуальные географические координаты левого и правого берега, а также середины реки. Отметки высот левого и правого берега, а также островов и отмелей. Характеристика грунтов, слагающих берег: песок, глина, гравий, искусственные материалы; растительность и ее характеристика
8	<i>Пойма реки</i> – для уточнения оценки плановых деформаций берега	Общая характеристика расположенных на пойме природных и антропогенных объектов, которые могут влиять на деформации берега реки,

Выполненные исследования позволили выявить 93 участка абразии правого берега трансграничного участка реки Западный Буг. При этом величина абразии правого берега на трансграничном участке реки Западный Буг за 35-летний период (1981–2016 годы) на

255 участках составила 3,665 км² (366,5 га). Естественные гидроморфологические изменения реки Западный Буг привели, как абразии правого берега (смещения русла вправо), так и к аккумуляции правого берега (смещения русла влево). Величина аккумуляции правого берега на трансграничном участке протекания реки Западный Буг за 35-летний период (1981–2016 гг.) на 252 участках составила 4,137 км² (413,7 га). Несмотря на то, что общий баланс абразии и аккумуляции правого берега реки Западный Буг за 35-летний период (1981–2016 гг.) положительный для Беларуси на всем трансграничном участке протекания реки Западный Буг (+47,2 га), следует отметить интенсивную превалирующую абразию правого берега на верхнем участке реки Западный Буг от Государственной границы «Беларусь–Украина» до н.п. Домачево, а также ряд отдельных участков с интенсивной абразией правого берега (более 3 га) на среднем участке от н.п. Домачево до г. Бреста и нижнем участке – от г. Бреста до н.п. Крынки. Более детальное изучение этих участков позволило выявить из 93-х участков 8 участков со значимым изменением правого берега, причем по 4 участкам (из указанных 8 участков) эти изменения являются наиболее значительными. Для уточнения характеристик наиболее проблемных участков абразии правого берега реки Западный Буг в рамках задания ГНТП в условиях повышенной водности (весеннего половодья) в апреле 2017 года были проведены экспедиционные исследования. По результатам проведенных исследований и расчетов с использованием указанной выше методики установлено, что три участка являются наиболее уязвимыми в части реформирования правого берега. К данным участкам относится участок в районе дачного садового товарищества «Рубеж» в районе пункта пропуска «Козловичи» и два участка 1,5 км выше впадения реки Лесная – выше и ниже участка реки в виде «петли», огибающей полуостров.

Выполненные исследования позволили предложить рекомендации по укреплению береговой полосы и предотвращению дальнейших абразионных процессов (обеспечению устойчивости правого берега) реки Западный Буг на трех его наиболее проблемных участках. Варианты крепления и материал крепления подбираются проектной организацией с учетом обеспечения надежности укрепления и его эстетических характеристик.

Вторым компонентом выполнения работ по заданию являлась оценка изменения гидрохимических показателей реки Западный Буг.

К числу актуальных экологических проблем реки Западный Буг относятся проблемы изменения гидрохимических показателей качества воды из-за поступления загрязняющих веществ от точечных и рассредоточенных (диффузных) источников загрязнений. Выполнено уточнение характеристик источников загрязнения реки Западный Буг, в том числе проведены комплексные исследования основного источника загрязнений реки Западный Буг со стороны правого берега – биологических прудов и сбросного канала коммунальных очистных сооружений канализации г. Бреста КПУП «Брестводоканал» (далее по тексту – ОС г. Бреста).

При оценке изменения гидрохимических показателей по данным статистической отчетности по форме «1-вода (Минприроды)» выявлено 62 водопользователя, оказывающих прямое или опосредованное воздействие на реку Западный Буг и ее притоки 1-го порядка. При этом 18 водопользователей сбрасывают сточные воды в поверхностные водные объекты. Всего выявлено 4 выпуска в реку Западный Буг. 33 водопользователя осуществляют сброс сточных вод после очистки на 39 очистных сооружениях естественной биологической очистки – полях фильтрации, которые оказывают опосредованное воздействие на рядом расположенные поверхностные водные объекты, в том числе 3 – на реку Западный Буг. В границах водоохраных зон и прибрежных полос, а также в зоне инженерных сооружений Государственной границы Республики Беларусь расположено 40 объектов, оказывающие негативное воздействие на реку Западный Буг и ее притоки 1-го порядка. В том числе 10 объектов расположено вдоль реки Западный Буг, наиболее значимый из них – биологические пруды ОС г. Бреста.

Для прогноза переноса загрязнений реки Западный Буг и моделирования ее гидрологического режима разработана математическая модель реки Западный Буг и выполнена ее калибровка на основе материалов экспедиционных исследований. Выполнено математиче-

ское моделирование переноса загрязнений по трансграничной реке Западный Бугот выпуска ОС г. Бреста, расположенного ниже биологических прудов. По результатам расчетов зона влияния выпуска сточных вод ОС г. Бреста в современных условиях составляет: до достижения хорошего экологического статуса от 4-х до 35-ти км с временем добегаия от 6-ти до 43-х часов; до достижения показателей качества воды в реке Западный Буг, соответствующих качеству воды в реке выше сброса – от 8-ми до 27,5 км с временем добегаия от 16-ти до 34-х часов.

Реализация проекта по сбросу очищенных сточных вод в реку Западный Буг по коллектору, минуя биопруды, позволит повысить качество очищенных сточных вод на сбросе в реку и уменьшить зону влияния до 4-х км. Выполнение мероприятий плана управления речным бассейном Западного Буга[2], направленных на улучшение экологического состояния (статуса) поверхностных водных объектов (всего 32 мероприятия со сроками реализации до 2028 года), включая строительство коллектора для выпуска очищенных стоков ОС г. Бреста, позволит снизить негативное воздействие точечных и рассредоточенных источников загрязнения.

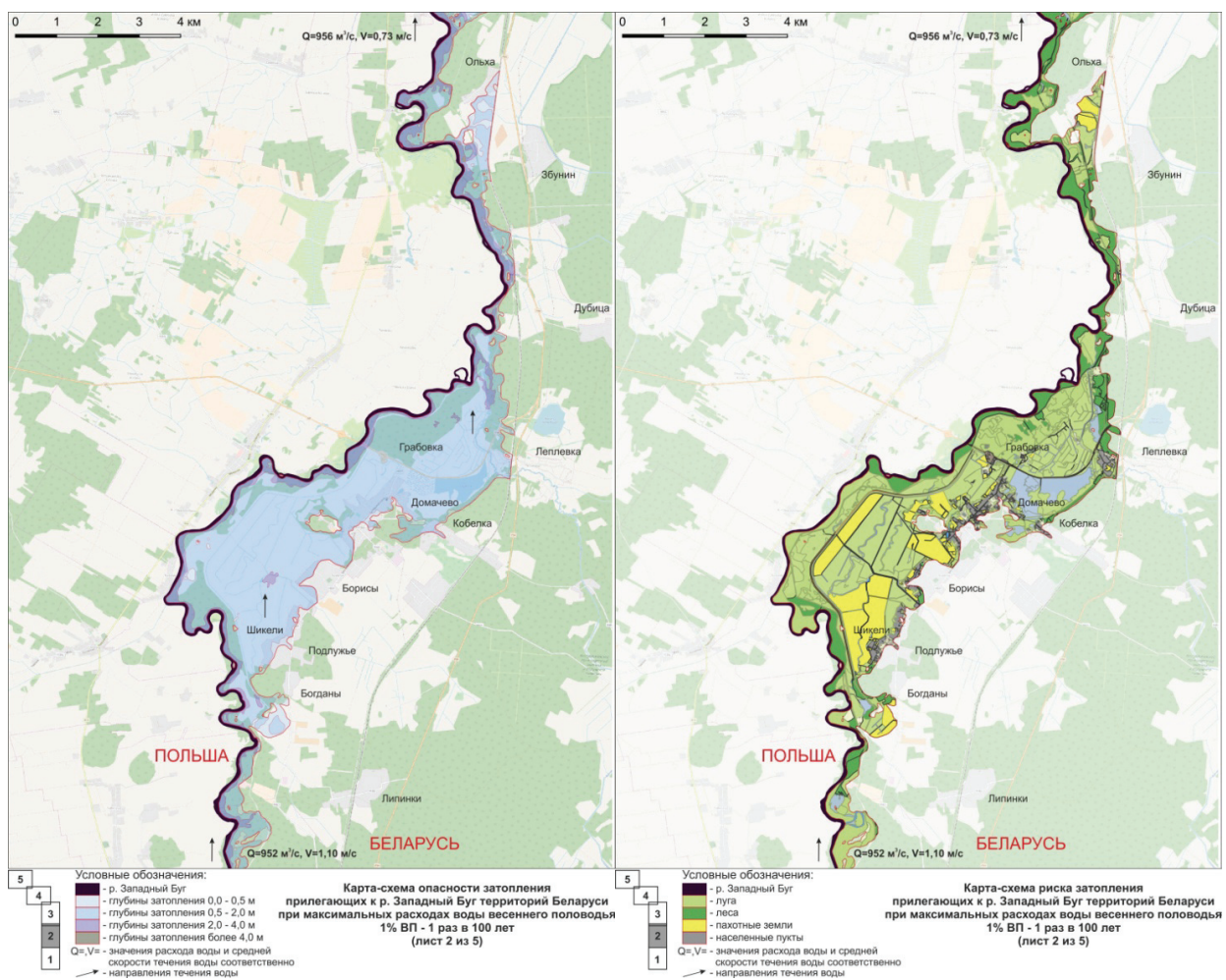


Рисунок 1 – Пример карты-схемы опасности наводнений для участка реки Западный Буг

Рисунок 2 – Пример карты-схемы риска наводнений для участка реки Западный Буг

Третьим компонентом выполнения работ по заданию являлась оценка изменения гидрологических показателей реки Западный Буг.

Река Западный Буг относится к водным объектам с высоким риском наводнений вследствие весенних половодий и дождевых паводков, в результате которых могут происходить значительные затопления прибрежных территорий, включая пограничную инфраструктуру, сельскохозяйственные угодья и объекты, жилые и иные строения. Выполнена оценка гидрологического режима реки Западный Буг при опасных гидрометеорологических явлениях,

приводящих к наводнениям путем математического моделирования уровня и скоростного режима реки Западный Буг. Для этого выполнено уточнение местоположения поперечных сечений по руслу реки Западный Буг и его основных притоков с использованием цифровой модели рельефа местности (ЦМР). Основным результатом оценки изменения гидрологических показателей являются карты-схемы опасности и риска наводнений для трансграничного участка реки Западный Буг на территории Беларуси для трех сценариев максимальных расходов воды: 1% вероятности превышения (ВП) – один раз в 100 лет; 5%ВП – один раз в 20 лет; 10%ВП – один раз в 10 лет. Карты-схемы опасности наводнения включают информацию о границах зон затопления и глубинах затопления (рисунок 1). Карты-схемы риска наводнений включают информацию о границах зон затопления, а также местоположение объектов и видов землепользования, подверженные риску наводнения (рисунок 2).

Программа мероприятий по снижению негативных последствий изменения гидрологических показателей разработана по информации об объектах, попадающих в зоны вероятного затопления. Разработанная программа мероприятий также учитывает мероприятия Государственной программы «Инженерные водохозяйственные мероприятия по защите населенных пунктов и сельскохозяйственных земель от паводков в наиболее паводкоопасных районах Полесья на 2011–2015 годы» [3] и мероприятия подпрограммы 7 «Инженерные противопаводковые мероприятия» Государственной программы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы [4]. Следует отметить, что намеченные в 2011-2015 годах инженерные противопаводковые мероприятия по ряду объектов выполнены не были (по информации Государственного объединения по мелиорации земель, водному и рыбному хозяйству «Белводхоз»). Реализация мероприятий 2011-2015 лет и 2016-2020 лет может быть начата с 2020 года.

Список использованных источников

1. Выполнить оценку изменения гидроморфологических, гидрологических и гидрохимических показателей реки Западный Буг и разработать мероприятия по снижению их негативных последствий. Отчет о НИР (заключительный). г. Минск, РУП «ЦНИИКИВР, 2018 г., 90 с.
2. Разработать план управления бассейном р. Западный Буг (этап 2016 года). Отчет о НИР (заключительный). – г. Минск, РУП «ЦНИИКИВР, 2016 г., 169 с.
3. Государственная программа «Инженерные водохозяйственные мероприятия по защите населенных пунктов и сельскохозяйственных земель от паводков в наиболее паводкоопасных районах Полесья на 2011–2015 годы». Утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 06.09.2010 № 1280.
4. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы. Утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 11.03.2016 № 196

УДК504.453/556.53

В.Н. Корнеев, И.А. Булак

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» (РУП «ЦНИИКИВР»)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ РЕЕСТРА ВЫПУСКОВ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ СБРОСОВ СТОЧНЫХ ВОД НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

По данным государственной статистической отчетности 1-вода (Минприроды) за 2018 год в Республике Беларусь имеется 374 водопользователя, на балансе которых имеется 578 выпусков сточных вод в поверхностные водные объекты. При этом 145 водополь-

зователей, имеющих 199 выпусков сточных вод, в соответствии с Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды от 11 января 2017 года №5 «Об определении количества и местонахождения пунктов наблюдений локального мониторинга окружающей среды, перечня параметров, периодичности наблюдений и перечня юридических лиц, осуществляющих хозяйственную и иную деятельность, которая оказывает вредное воздействие на окружающую среду, в том числе экологически опасную деятельность, осуществляющих проведение локального мониторинга окружающей среды» (далее по тексту – Постановление Минприроды от 11 января 2017 года №5) являются объектами наблюдений локального мониторинга при отведении сточных вод в поверхностные водные объекты.

Следует отметить, что практически все выпуски сточных вод не имеют четкой географической координатной привязки к участкам водных объектов, которые принимают сточные воды от этих выпусков. Также отсутствуют и морфометрические характеристики этих выпусков и соответствующих участков водных объектов, включая площади поперечный сечений, средние и максимальные глубины водотока и его ширину в месте выпуска сточных вод, данные о среднемноголетних расходах воды в принимающих водных объектах и минимальных среднемесячных расходах воды 95% вероятности превышения (обеспеченности).

Недостаток указанной информации приводит к тому, что по выпускам сточных вод и по соответствующим участкам водотоков отсутствует также и актуальная гидрологическая информация в части расходов воды на указанные гидрологические режимы, а также гидравлическая информация в части характеристик скоростного режима. Данную актуальную информацию можно получить только по результатам экспедиционных исследований выпусков сточных вод и соответствующих участков водотоков, принимающих сточные воды. Поэтому в рамках задания планируется проведение очень значительного объема экспедиционных исследований.

В связи с невозможностью оценки зоны достаточного (80%) перемешивания речных и сточных вод для выпусков сточных из-за отсутствия указанной информации производственный и государственный аналитический контроль, а также локальный мониторинг водных объектов ниже выпусков сточных вод проводится, как правило, на расстоянии 500 м ниже выпуска сточных вод. Это приводит как к заниженным результатам оценки в случае, если реальная зона достаточного 80%-го перемешивания речных и сточных вод составляет менее 500 м, так и к завышенным – если эта зона составляет более 500 м.

Актуальные морфометрические, гидрологические и гидравлические характеристики (особенно для особо маловодных периодов при минимальных среднемесячных расходах 95% обеспеченности) являются необходимыми исходными данными для оценки воздействия сбросов сточных вод на поверхностные водные объекты, а также для нормирования сбросов сточных вод при выдаче разрешений на специальное водопользование и комплексных природоохранных разрешений. Указанные документы являются одним из основных инструментов управления водными ресурсами в Беларуси.

Реестр выпусков сточных вод будет содержать следующую основную информацию:

- географические координаты выпусков сточных вод;
- минимальные среднемесячные расходы воды 95% обеспеченности и среднемноголетние расходы воды в принимающих водных объектах в створах выпусков сточных вод;
- морфометрические и гидравлические характеристики участков водных объектов в указанных выше створах для заданных минимальных расходов воды, включая среднюю глубину потока и ширину потока, среднюю скорость течения;
- длину зоны достаточного (80%) перемешивания речных и сточных вод для участков водных объектов размещения на них выпусков сточных вод.

Разработка реестра выпусков сточных вод ведется поэтапно по областям. Схема выпусков сточных вод на примере Минской области, представлена на рисунке 1. По данным госстатотчетности 1-вода (Минприроды) за 2018 год в области имеется 101 водопользователь, на балансе которых имеется 194 выпусков сточных вод в поверхностные водные объекты. При этом 28 водопользователей, имеющих 38 выпусков сточных вод, в соответствии По-

становлением Минприроды от 11 января 2017 года №5 являются объектами наблюдений локального мониторинга при отведении сточных вод в поверхностные водные объекты.

Научное обоснование реестра выпусков сточных вод для оценки воздействия сбросов сточных вод на поверхностные водные объекты включает методологию получения перечисленной выше информации и определения требуемых для реестра показателей принимающих водных объектов в створах выпусков сточных вод.

Географические координаты выпусков сточных вод определяются на основании их инвентаризации. Инвентаризация выполняется с использованием данных разрешений на специальное водопользование, данных локального мониторинга (ЛМ) водопользователей, базы данных государственного водного кадастра (ГВК) с использованием топографических карт и данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), а также, при необходимости, по результатам экспедиционных исследований.

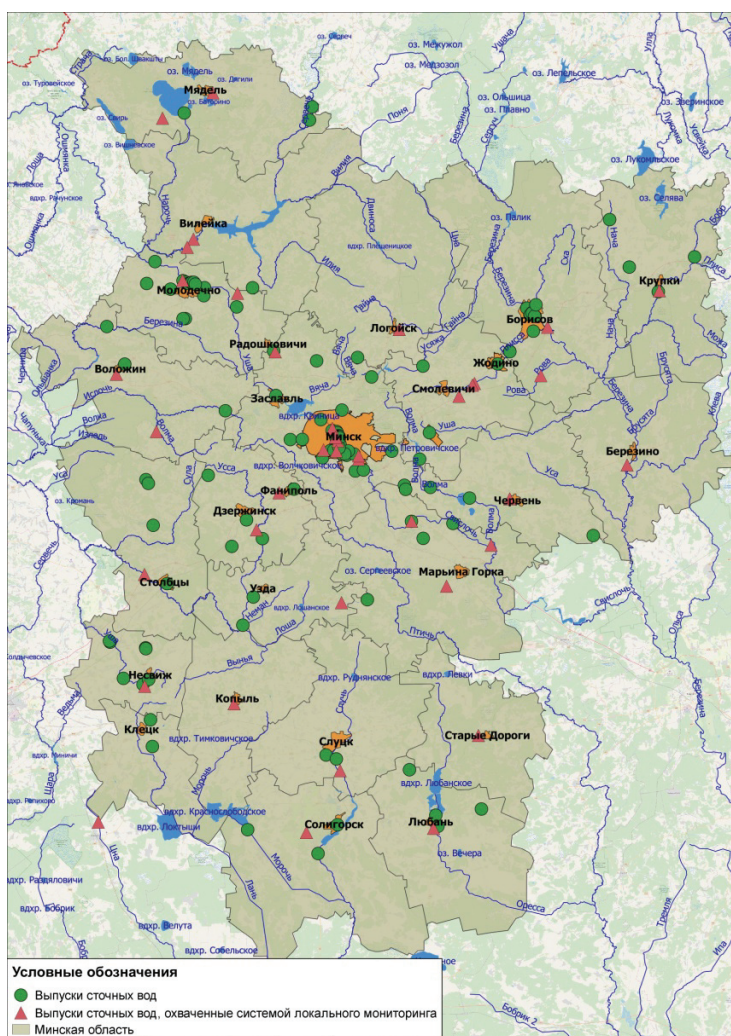


Рисунок 1 – Схема выпусков сточных вод, расположенных в Минской области

Минимальные среднемесячные расходы воды 95% обеспеченности и среднеголетние расходы воды в принимающих водных объектах в створах выпусков сточных вод определяются по результатам гидрологических расчетов.

Гидрологические расчеты для требуемого створа принимающего водного объекта включают определение минимального среднемесячного расхода воды 95% вероятности превышения/ВП (обеспеченности) $Q_{min,95\%ВП}$ и среднеголетние расходы воды $Q_{СМ,50\%ВП}$. При наличии гидрологических наблюдений Белгидромета на данной реке они определяются по ряду наблюдений на имеющемся гидрологическом посту Белгидромета с пересчетом

в требуемый створ реки с использованием ТКП 45-3.04-168-2009 [1] и П1-98 к СНиП 2.01.14-83 [2]. При этом определяются эмпирическая и теоретическая кривые вероятностей распределения расходов воды с определением статистических параметров – коэффициентов вариации C_V и асимметрии C_S . При отсутствии регулярных наблюдений Белгидромета-расходов воды на реке расходы воды заданных обеспеченностей определяются с использованием [1,2] по реке-аналогу, либо, при ее отсутствии – по общим характеристикам водосбора, включая площадь водосбора, его местоположение, длину реки до требуемого створа и ее уклон.

Морфометрические и гидравлические характеристики участков водных объектов в створах выпусков сточных вод определяются путем гидравлических расчетов зависимостей расхода воды от уровня (глубины) воды $f=Q(h)$ и средней скорости течения от уровня (глубины) воды $f=V_{cp.}(h)$. Для определения указанных зависимостей выполняются гидрометрические измерения поперечного сечения в требуемом створе реки (промеры глубин потока по сечению) и скоростного режима (рисунок 2), либо используются известные для данного участка реки расходы воды с соответствующими известными средними глубинами потока.



Рисунок 2 – Пример гидрометрических измерений поперечного сечения и скоростного режима водного объекта в створе выпуска сточных вод

Для определения расходов воды по данным скоростного режима используется МВИ 107-94 [3]. Пример результатов гидрометрических измерений и определения по ним расхода воды приведен на рисунке 3. Зависимости $f=Q(h)$ и $f=V_{cp.}(h)$ определяются гидравлическими расчетами по формуле Шези для определения пропускной способности (модуля расхода K) с учетом результатов определения расхода воды по измеренным скоростям течения, либо заданным расходам воды при известных, соответствующих, средних глубинах и скоростях течения.

Пропускная способность или «модуль расхода» (максимальный расход воды при уклоне $I=I$), определяется по формуле:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{i}} = \omega C \sqrt{R} \quad (1)$$

где R – гидравлический радиус определяется как отношение площади сечения к смоченному периметру:

$$R = \frac{\omega}{P} \quad (2)$$

Для определения скоростного множителя Шези C используются следующие формулы: Агроскина – в случае, если $R \geq I$:

$$C = 7,696 \ln R + \frac{1}{N} \quad (3)$$

Срибного – в случае, если $R < I$:

$$C = \frac{1}{N} R^{1,18\sqrt{N}} \quad (4)$$

Приведенный коэффициент шероховатости N определяется как средневзвешенное значение локальных вдоль участка периметра поперечного сечения коэффициентов шероховатостей n_i или рассчитывается по специальной методике, представленной в [4].

Для определения кривых $f=Q(h)$ и $f=V_{cp}(h)$ используются расчетные площади поперечного сечения при заданных глубинах, коэффициенты Шези, определенные с использованием зависимостей (3)-(4), а также расчетный гидравлический уклон. Гидравлический уклон определялся по известному расходу воды в поперечном сечении и рассчитанному при соответствующей средней глубине потока модулю расхода. Далее расчетный гидравлический уклон используется при определении кривых $f=Q(h)$ и $f=V(h)$ (рисунок 4) для других требуемых расходов, включая минимальный среднемесячный 95%ВП.

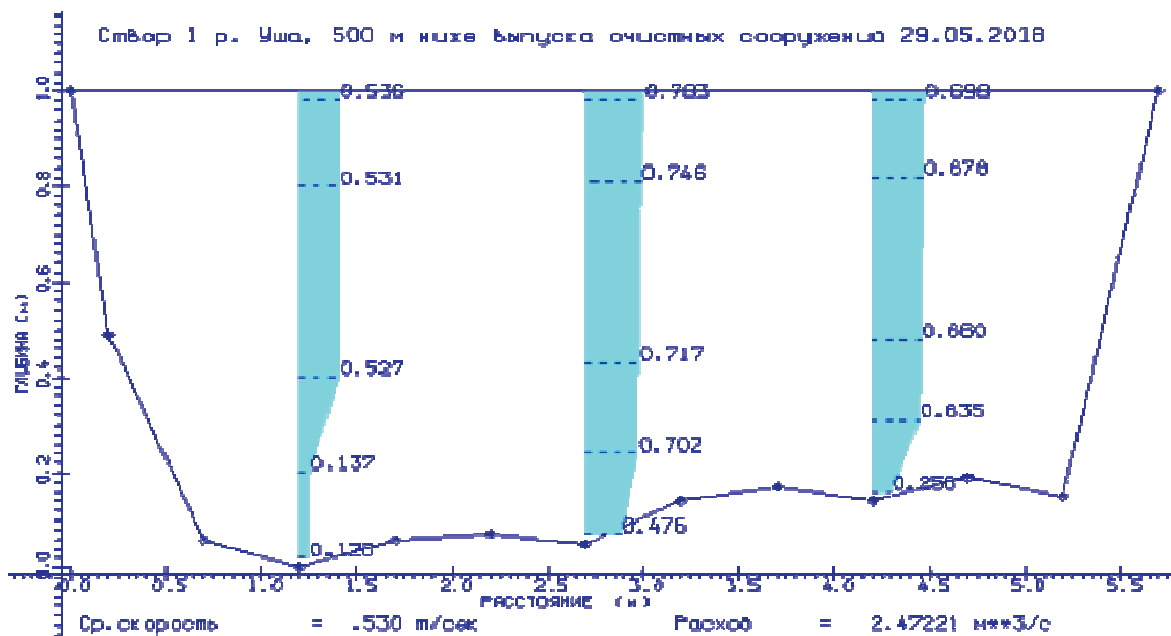


Рисунок 3 – Пример результатов гидрометрических измерений и определения по ним расхода воды: река Уша ниже сброса с очистных сооружений (г. Молодечно, Минская область)

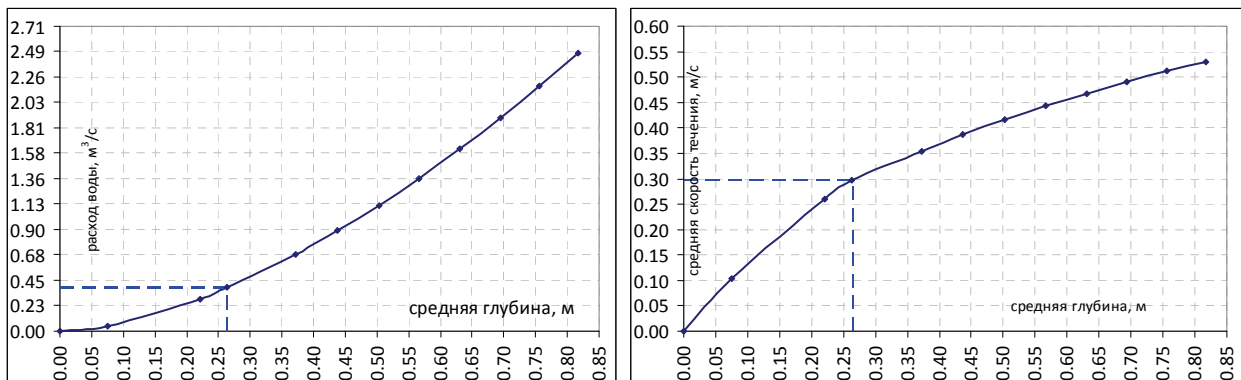


Рисунок 4 – Пример зависимостей $f=Q(h)$ (слева) и $f=V(h)$: река Уша ниже сброса с очистных сооружений (г. Молодечно, Минская область)

Длина зоны достаточного (80%) перемешивания речных и сточных вод определяется с использованием метода Фролова – Родзиллера [5]. Данный метод является основным методом для оценки расчета разбавления загрязняющих веществ при выполнении прогностических расчетов переноса тепла и примесей по речной сети, а также при определении нормативов допустимых сбросов в водные объекты. Основой метода является расчеты длины пути смешения загрязняющих веществ, кратности разбавления и средних концентраций загрязняющих веществ вдоль реки по формулам, полученным на основании аналитических решений уравнений турбулентной диффузии, которыми описываются процессы переноса тепла и загрязняющих веществ в водотоках. Эти теоретические решения получены с применением наиболее жестких критериев и коэффициентов. Поэтому расчеты с использованием метода Фролова – Родзиллера позволяют учесть самые неблагоприятные (консервативные) условия для формирования, соответственно, наиболее жестких экологических ограничений. Длина участка зоны достаточного (80%) перемешивания речных вод и сточных вод определяется по следующей зависимости:

$$L = \left[\frac{2,3}{\alpha} \lg \left(\frac{\gamma Q + q}{(1-\gamma)q} \right) \right]^3, \quad (5)$$

где γ – коэффициент, характеризующие степень достаточного перемешивания речных и сточных вод, при 80% степени перемешивания равен 0,8; Q – расход воды в реке, м³/с; q – расход сточных вод, м³/с;

$$\alpha = m K_{изв.} \sqrt[3]{\frac{D}{q}}, \quad (6)$$

где m – коэффициент, характеризующий расположение выпуска загрязняющих веществ =1 если у берега, = 1.5 если по фарватеру; $K_{изв.}$ – коэффициент извилистости реки; D – коэффициент турбулентной диффузии в продольном направлении, вычисляется на основании анализа теоретических и экспериментальных исследований [4], для равнинных водотоков, а также при приближенных расчетах допускается определять по формуле М.В. Потапова:

$$D = \frac{V_{ср.} H_{ср.}}{200}, \quad (7)$$

где $V_{ср.}$ – средняя скорость течения в поперечном створе реки, м/с; $H_{ср.}$ – средняя глубина потока, м.

Практическое применение формулы (7) приводит к завышенным значениям длины участка зоны достаточного (80%) перемешивания речных и сточных вод, так как при расчете коэффициента турбулентной диффузии не учитывается неравномерность потока по ширине реки и шероховатость русла, которая учитывается в определении коэффициентов Шези и пропускной способности поперечного сечения. Поэтому для расчета коэффициента турбулентной диффузии используется следующая уточненная формула [5]:

$$D = \frac{9.82 K_{нер.} V_{ср.} H_{ср.}}{CK_C}, \quad (8)$$

где $K_{нер.}$ – коэффициент неравномерности изменения глубины потока по его ширине, равен отношению максимальной глубины к средней $K_{нер.} = H_{макс.} / H_{ср.}$; C – коэффициент Шези, который определяется по формулам (3)-(4); K_C – коэффициент, зависящий от коэффициента Шези C : если $C > 60$ $K_C = 0.7C + 6$; если $C \leq 60$ $K_C = 48$.

Пример макета реестра выпусков сточных вод приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Пример макета реестра выпусков сточных вод

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Административно-территориальная единица	Наименование водопользователя	Категория сточных вод	Наименование принимающего водного объекта	Местоположение выпуска сточных вод			Площадь водосбора, км ²	Уклон реки, ‰	Длина реки, км	Годовой объем сброса, тыс. м ³	Наличие очистных сооружений, их тип	Относится ли к объекту локального мониторинга	Наличие регулярных гидрологических наблюдений	Характеристики при минимальных среднемесячных расходах воды 95%ВП				Средне-много-летний расход воды, м ³ /с	Длина зоны достаточного (80%) перемешивания речных и сточных вод, м		
				Населенный пункт	Ширина	Долгота								Расход воды, м ³ /с	Ширина, м	Средняя глубина, м	Средняя скорость, м/с				

Список использованных источников

1. ТКП 45-3.04-168-2009 «Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения».
2. П1-98 к СНиП 2.01.14-83 «Определение расчётных гидрологических характеристик».
3. МВИ 107-94 «МВИ. Расход воды в каналах методом «скорость-площадь» с интерполяцией измеренных скоростей на промерные вертикали» (Минск, 1994 г.)».
4. Рогунович В.П. Автоматизация математического моделирования движения воды и примесей в системах водотоков.– Л.: Гидрометеиздат, 1989.-263 с
5. Усовершенствованные методы прогностических расчетов распространения по речной сети высокозагрязненных вод с учетом форм миграции наиболее опасных загрязняющих веществ. Рекомендации// ГУ «Гидрохимический институт» Росгидромета, Ростов на Дону: 2008 г., 166 с.

Е.П. Богодяж, Е.Л. Василенок, П.В. Пальчех

Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды»

МОНИТОРИНГ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

В целях своевременного выявления негативных процессов, прогнозирования их развития, предотвращения вредных последствий и определения степени эффективности мероприятий, направленных на рациональное использование и охрану поверхностных вод, в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь проводится мониторинг поверхностных вод, представляющий собой систему регулярных наблюдений за состоянием поверхностных вод по гидрологическим, гидрохимическим, гидробиологическим показателям [1].

Периодичность проведения наблюдений по гидрохимическим показателям в зависимости от водности водотоков составляет от 7 до 12 раз в году с цикличностью от 1 до 3 лет, на водоемах – ежеквартально с цикличностью 1 раз в 2 года. Наблюдения по гидробиологическим показателям проводятся в вегетационный период с цикличностью 1 раз в 1–2 года.

Гидрохимические параметры включают элементы основного солевого состава, показатели физических свойств и газового состава, органические и биогенные вещества, металлы. Наблюдения по гидробиологическим показателям осуществляются по основным сообществам пресноводных экосистем: фитопланктоном, зоопланктоном и хлорофиллом-а – в водоемах, фитоперифитоним и макрзообентосом – в водотоках [2].

В последние годы развиваются наблюдения на водотоках по гидроморфологическим показателям в соответствии с европейскими подходами, а также наблюдения за донными отложениями, которые депонируют загрязняющие вещества.

За достаточно длительный период – наблюдения по гидрохимическим показателям начались в 40-е годы прошлого столетия – накопились длинные ряды данных, позволяющие судить об изменении антропогенной нагрузки на поверхностные водные объекты.

При подготовке аналитической информации применяется несколько методов оценки состояния водных экосистем:

- показатели экологической безопасности в области охраны вод;
- показатели качества воды и предельно допустимые концентрации химических веществ в воде поверхностных водных объектов (ПДК);
- биоиндикация;
- оценка гидробиологического и гидрохимического статусов.

Поскольку основной задачей мониторинга поверхностных вод является удовлетворение информационных потребностей органов государственного управления, то с учетом совре-

менного развития информатизации назрела необходимость в изменении подхода к подаче результатов наблюдений. В первую очередь, переход от описательного подхода к использованию всевозможных индикаторов и показателей. Например, индикаторы Совместной системы экологической информации, региональные экологические показатели ЕЭК ООН, показатели Европейского агентства по окружающей среде. Их применение направлено не просто на построение многолетних трендов для выявления тенденций, проблем и т.д., но и на проведение анализа, а также на проведение сравнений на общеевропейском уровне.

Авторами была сделана попытка применить подход, рекомендованный Европейским агентством по окружающей среде, для анализа показателей *C10 – Биохимическое потребление кислорода (БПК) и концентрация аммоний-иона в речной воде C11 – Биогенные вещества в поверхностных водах*. Проведенный анализ позволил сделать следующие предварительные выводы:

- максимум содержания фосфат-иона в воде большинства рек пришелся на периоды 1988-1990 гг. и 2003-2004 гг., за последнее десятилетие наблюдается рост содержания в водотоках бассейнов рек Западная Двина и Неман, снижение – в бассейнах рек Западный Буг и Днепр;

- максимум содержания фосфат-иона в воде водоемов пришелся на те же годы, за последнее десятилетие наблюдается рост содержания в водоемах бассейнов рек Западная Двина, снижение – в бассейнах рек Неман, Днепр и Припять;

- максимум фосфора общего в воде большинства рек фиксировался в периоды 1988-1995 гг. и 2003-2007 гг., за последнее десятилетие содержание во всех бассейнах рек снизилось;

- выявлены тенденция роста содержания нитрат-иона в воде рек и тенденция снижения содержания органических веществ в воде рек (особенно в бассейнах рек Неман и Днепр).

Вместе с тем, интерес также представляет применение различных моделей анализа для выявления причин увеличения антропогенной нагрузки на те или иные поверхностные водные объекты. Такой анализ является многофакторным и требует привлечения не только данных мониторинга поверхностных вод, но и показателей социально-экономического развития за весь анализируемый период, данные учета вод и т.д.

Список использованных источников

1. Положение о порядке проведения в составе НСМОС в Республике Беларусь мониторинга поверхностных вод и использования его данных // постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28 апреля 2004 г. № 482

2. Сайт Главного информационно-аналитического центра Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь. – Режим доступа <http://www.nsmos.by>. – Дата доступа 10.05.2019

УДК 628.3

А. В. Игнатенко, Д. А. Бутарева, Ю.С. Дивина
БГТУ, г. Минск,

БИОАНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Для решения проблем очистки сточных вод наряду с принятием организационных мер по защите окружающей среды, модернизацией технологических процессов и использованием эколого-биотехнологического подхода [1], необходимо также совершенствовать систему экологического контроля производства.

Контроль качества очистки сточных вод является актуальной экологической задачей обеспечения нормальной работы очистных сооружений и гарантией безопасности сбрасываемых вод для окружающей среды [2].

Загрязнение сточных вод промышленных предприятий токсичными веществами, главным образом тяжелыми металлами, нефтепродуктами, поверхностно активными веществами приводит к гибели микроорганизмов активного ила, нарушению технологических процессов водоочистки и ухудшает качество очищенных вод [3].

В настоящее время входной, технологический и выходной контроль очищаемых сточных вод осуществляются преимущественно инструментальными физико-химическими методами анализа, имеющими целый ряд неоспоримых достоинств. Вместе с тем присутствие в сточных водах более 500 наименований различных загрязнителей, требующих, как правило, отдельного измерительного средства и методики выполнения измерений, а также квалифицированного персонала, увеличивает экономические затраты на инструментальный контроль и не гарантирует безопасность сбрасываемых вод для окружающей среды.

Биоаналитический контроль является простым и дешевым способом оценки эффективности очистки сточных вод и контроля их безопасности для окружающей среды. В настоящее время для биологического контроля водных сред предложено использовать низшие одноклеточные прокариотические и эукариотические гидробионты, не требующие высоких затрат на их содержание: простейшие, микроводоросли и др. [4],

В качестве основной тест-функции, применяемой для обнаружения присутствия токсичных веществ, используется выживаемость тест-объектов. Недостатком данного подхода является относительная длительность анализа (1–3 сут), что не позволяет оперативно управлять процессами водоочистки. Это требует поиска более быстрых методов биоаналитического контроля.

Целью данной работы являлся анализ эффективности очистки сточных вод на городских очистных сооружениях с помощью методов биотестирования выживаемости и подвижности клеток *E. gracilis*.

Объектами исследования служили сточные воды Минской очистной станции (МОС-1), отобранные на разных стадиях их очистки. Образцы сточных вод после отстаивания центрифугировали 10 мин при 6000 об/мин с помощью центрифуги Hettich, ЕВА-2. Надосадочную жидкость использовали для биотестирования.

В качестве тест-культуры служила 3-х суточная культура клеток микроводоросли *E. gracilis* из коллекции кафедры биотехнологии БГТУ, выращенная на свету в среде Лозино-Лозинского [5].

Эффективность очистки сточных вод на разных стадиях их обработки определяли по изменению индексов токсичности (ИТ) проб для клеток *E. gracilis*. Токсичность образцов оценивали по изменению выживаемости ($ИТ_в$) и подвижности ($ИТ_п$) клеток *E. gracilis*. Для определения выживаемости клеток 0,9 мл анализируемой пробы (рабочий образец) или среды Лозино-Лозинского (контрольный образец) добавляли по 0,1 мл тест-культуры клеток и выдерживали в течение 1 сут. при 20°C. Подсчёт числа живых и неживых клеток осуществляли их микроскопированием в камере Горяева при увеличении 10x20 и цифровой видеозаписи с помощью цифрового фотоаппарата Cannon Power Shot A560.

Количество клеток в 1 мл суспензии рассчитывали по формуле.

$$N = (a \cdot 1000 \cdot n) / (h \cdot S), \quad (1)$$

где N – число клеток в 1 мл суспензии; a – среднее количество клеток в квадрате сетки, мм²; h – глубина камеры, мм; S – площадь квадрата сетки, мм²; n – разведение исходной суспензии.

Оценку подвижности клеток проводили, как описано ранее [5]. Индексы токсичности водных проб определяли по формулам:

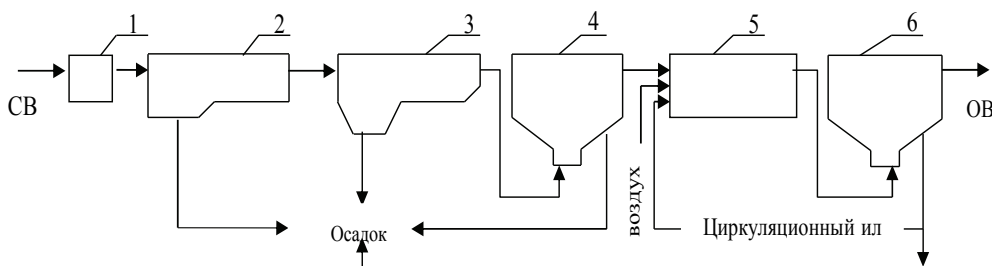
$$ИТ_в = (N_k - N_t) / N_k \cdot 100\%, \quad (2)$$

где N_k – количество выживших клеток в контроле; N_t – количество выживших клеток в исследуемой пробе через сутки.

$$ИТ_п = (v_0 - v_1) / v_0 \cdot 100\%, \quad (3)$$

где v_0 , v_1 – значения средней скорости движения клеток тест-культуры в чистой воде и анализируемой среде; соответственно.

Полученные результаты измерений обрабатывали статистически, используя программное обеспечение Microsoft Excel. Относительная погрешность измерения индексов токсичности не превышала 10%.



1 – приемная камера; 2 – механические решетки; 3 – песколовка; 4 – первичные отстойники; 5 – секции аэротенка; 6 – вторичные отстойники; СВ, ОВ – сточная и очищенная вода

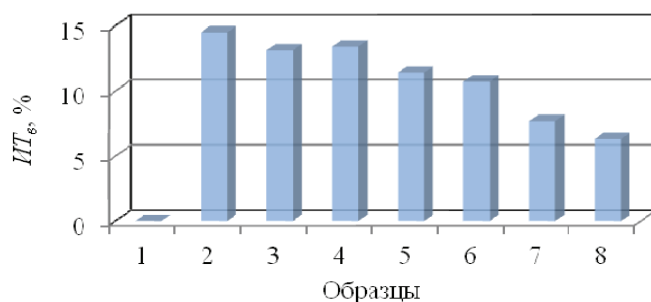
Рисунок 1 – Типовая схема городских водоочистных сооружений

Типовая схема городских очистных сооружений (рис. 1), как известно, включает: механическую очистку СВ от мусора, песка на решетках, песколовках; седиментационную очистку в первичных отстойниках; биохимическую очистку СВ активным илом в секциях аэротенка; седиментационную очистку от активного ила во вторичных отстойниках, а также обезвоживание осадков.

На рис. 2 приведены результаты изменения индекса токсичности сточных вод на отдельных стадиях их очистки на МОС-1, определенные по выживаемости клеток *E. gracilis*.

Исходное значение токсичности сточных вод, определенное данным методом на входе МОС-1 после удаления взвешенных веществ, находилось на уровне 15%, что позволяет отнести их к слаботоксичным. После первичного отстойника $ИТ_6$ сточных вод изменялся незначительно.

Основная доля снижения токсичности сточных вод приходилась на 4-ю секцию аэротенка. На выходе из вторичного отстойника $ИТ_6$ составил 6,3%, что находится на уровне погрешности метода биотестирования, и очищенная вода считается безопасной.



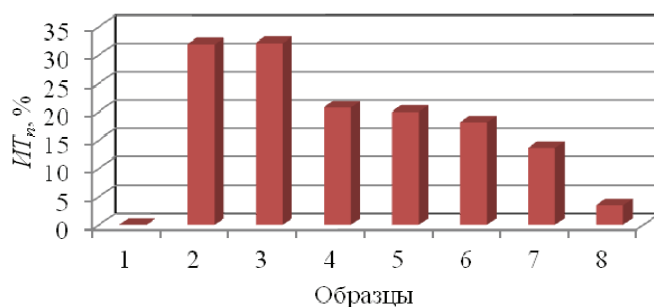
1 – контроль; 2 – после цеха механической очистки; 3 – в первичном отстойнике; 4 – в 1 секции аэротенка; 5 – во 2-ой секции аэротенка; 6 – в 3-ей секции аэротенка; 7 – в 4-ой секции аэротенка; 8 – во вторичном отстойнике

Рисунок 2 – Изменение индекса токсичности сточных вод по выживаемости клеток *E. gracilis* через 1 сут на разных стадиях их очистки на МОС-1

На рис. 3 показаны результаты биотестирования $ИТ_n$ тех же проб сточных вод для разных стадий их очистки на МОС-1, определенных по подвижности клеток *E. gracilis*.

Как видно из рис. 3, $ИТ_n$ на входе очистных сооружений составлял 32%, что позволяет отнести сточные воды к среднетоксичным в соответствии с [5].

По данным биотестирования подвижности клеток доля снижения $ИТ_n$ в 4 секции аэротенка составила около 60%, а во вторичном отстойнике – 90%, что также свидетельствует об удовлетворительной очистке СВ.



1 – контроль; 2 – после цеха механической очистки; 3 – в первичном отстойнике;
4 – в 1-ой секции аэротенка; 5 – во 2-ой секции аэротенка; 6 – в 3-ей секции аэротенка;
7 – в 4-ой секции аэротенка; 8 – во вторичном отстойнике

Рисунок 3 – Изменение индекса токсичности сточных вод по подвижности клеток *E. gracilis* в процессе биологической очистки на МОС-1

Полученные данные указывают на то, что методы биотестирования подвижности и выживаемости клеток *E. gracilis* дают сходные результаты, при этом длительность анализа токсичности проб методом биотестирования подвижности клеток – 15 мин, выживаемости – 24 ч. Метод оценки подвижности клеток проявляет более высокую чувствительность к присутствию ингибирующих веществ и более информативен, так как позволяет наблюдать эффекты ингибирования, активации и гибели клеток. Это дает возможность использовать его для быстрой оценки эффективности и регуляции процессов водоочистки на городских очистных сооружениях.

Список использованных источников

1. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие: в 2 т. / А. Е. Кузнецов [и др.]. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2010. – Т. 1. 629 с.; Т. 2. – 485 с.
2. Игнатенко А.В. Биозкологический контроль безопасности сточных вод // Водные ресурсы и климат: материалы докладов V Международного Водного Форума: в 2 ч. – Минск: БГТУ, 2017. Ч. 2. С. 151–154.
3. Жмур Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М.: АКВАРОС, 2003. 512 с.
4. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / под ред. О. П. Мелеховой, Е. И. Егоровой. М.: Изд. центр «Академия». 3-е изд. 2010. 288 с.
5. Сазановец М. А., Игнатенко А. В. Анализ детоксикации водных сред методом биотестирования // Труды БГТУ. Сер. 2. Химия, технология орган. в-в и биотехнология. Минск: БГТУ. 2014. № 4: С. 179–182.

УДК 577.114.083

О. К. Гладкая, О. В. Павлова

Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»

СОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ХИТОЗАНА К ОРГАНИЧЕСКИМ СОЕДИНЕНИЯМ

Фенол является органическим загрязнителем, присутствующим в стоках различных промышленных предприятий, таких как стекольное производство, производство полимерных смол, нефтепереработка, целлюлозно-бумажное производство и фармацевтическая промышленность. Даже в низких концентрациях сброс фенольных соединений может привести к серьезным повреждениям окружающей среды [1].

Для очистки промышленных сточных вод используется множество методов и технологий, позволяющих снижать антропогенную нагрузку на водные объекты (таких как флота-

ция, гиперфльтрация, обратный осмос и др.). Очистка сточных вод, как правило, завершается использованием различных сорбентов. В настоящее время используют сорбенты на основе активированного угля, природных материалов, наноматериалов и др. Многие из них являются достаточно эффективными и обладают высокой сорбционной емкостью, однако сорбенты, изготовленные из вторичного сырья могут оказаться более перспективными и экономически выгодными. Использование таких материалов может решить сразу несколько проблем: утилизация отходов и эффективная очистка воды. Адсорбция, осуществляемая производными полисахаридов, таких как хитозан, может быть альтернативой традиционным методам дезактивации воды, экстракции и разделения соединений. Благодаря таким свойствам, как низкая токсичность и биоразлагаемость при помощи ферментов и микроорганизмов, а также способности связываться с различными молекулами органической и неорганической природы посредством физических и химических взаимодействий, хитозан не только не оказывает негативного влияния на окружающую среду, но и эффективно может быть использован для ее очистки.

Важными свойствами хитозана являются гигроскопичность, способность к набуханию. Хитозан хорошо набухает и прочно удерживает в своей структуре растворитель, а также растворенные и взвешенные в нем вещества. Поэтому в растворенном виде хитозан обладает намного большими сорбционными свойствами, чем в нерастворенном [2].

Хитозан является продуктом деацетилирования хитина, т.е. отщепления ацетильной группировки от остатков уксусной кислоты. Молекулярная масса и степень деацетилирования хитозана влияют на растворимость – одно из важнейших свойств, определяющих во многих случаях возможность его применения.

Целью работы является определение сорбционной способности хитозана к фенольным соединениям.

Материалы и методы. Определение концентрации фенола в воде проводили методом броматометрического титрования. Для анализа отбирают аликвоту (10 мл) раствора. Прибавляют 12 мл бромат-бромидной смеси, 10 мл 1М раствора серной кислоты, закрывают пробкой и оставляют на 30 мин. Затем прибавляют 1 г иодида калия и снова закрывают пробкой. Через 5 мин титруют выделившийся йод раствором тиосульфата натрия 0,02 М, прибавляя в конце титрования, когда окраска раствора станет светло-желтой, 2-3 мл раствора крахмала. Титрование продолжают до исчезновения синей окраски раствора. Определение содержания фенола в растворах, подвергшихся обработке хитозаном и в чистых растворах фенола проводили в трехкратной повторности. Концентрацию (мг/л) фенола рассчитывали по формуле:

$$C(C_6H_6OH) = \frac{C(Na_2S_2O_3)(V_2 - V_1)M(1/6 \cdot C_6H_6OH)}{1000} \cdot \frac{1000}{V_{пр}}$$

Для сорбционной очистки воды, использовали сухой хитозан (продукт, полученный путем деацетилирования хитина), раствор хитозана в уксусной кислоте 1%, раствор хитозана в лимонной кислоте 1%. Для этого к 25 мл модельной сточной воды добавляли 0,1 г сухого хитозана или раствор хитозана в органической кислоте, выдерживали при температуре 30°C и экспозиции 1 час. После этого раствор фильтровали и определяли содержание оставшегося после сорбции фенола.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика сорбционной способности хитозана к фенолу

Сорбент	Концентрация фенола, мг/л	Сорбционная способность, %
Сухой хитозан	318,78±1,86	12,86
1% раствор хитозана в уксусной к-те	245,61±1,13	32,86
1% раствор хитозана в лимонной к-те	235,16±1,76	35,71

В результате проведенного исследования было выявлено, что при использовании сухого хитозана в растворах, содержащих фенол, навеска хитозана массой 0,1 г поглощает

до 12,86% фенола от всего содержащегося вещества в растворе объемом 0,25 л., тогда как 1% раствор хитозана в уксусной кислоте поглощает до 32,86 %, а 1% раствор хитозана в лимонной кислоте поглощает до 35,71% фенола от всего содержащегося вещества в растворе объемом 0,25 л.

С целью уменьшения агрессивного воздействия на окружающую среду при одновременном сокращении материальной составляющей, связанных с технологическим процессом получения конечного продукта, проведен эксперимент по выявлению возможности многократного использования хитозана и оценки кратности его применения в сухом виде для сорбции органических соединений.

Для оценки эффективности многократного использования, промытый водой хитозан, фильтровали, высушивали при температуре 20⁰С, гомогенизировали и использовали для определения кратности его применения для сорбции фенольных соединений.

Таблица 2 – Кратность использования сухого хитозана для сорбции фенола

Модель	Концентрация фенола, мг/л	Эффективность, %
Var1	318,78±1,86	12,86
Var2	330,27±1,65	9,71
Var3	355,36±1,81	2,86

Примечание: Var1 – раствор фенола + сухой хитозан (первое использование); Var2 – раствор фенола + сухой хитозан (второе использование); Var3 – раствор фенола + сухой хитозан (третье использование)

На основании полученных данных, можно сделать вывод о целесообразности использования хитозана в процессе очистки сточных вод от фенольных соединений. При этом, необходимо отметить, что в растворенном виде хитозан обладает намного большими сорбционными свойствами, чем в сухом.

Экспериментально установлено, что остаточная сорбционная активность при повторном использовании хитозана для сорбции фенола из сточной воды достаточно высока и составляет для сухого хитозана – 75,5%.

Список использованных источников

1. Тарановская, Е.А. Очистка сточных вод с применением хитозана / Е.А. Тарановская, Н.А. Собгайда, И.Н. Алферов, П.В. Морев // 2 Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 10 (185) – С.322-325
2. Павлова, О.В. Оптимизация режимов деминерализации хитинсодержащего сырья в технологии получения хитозана из мицелиальных грибов рода *Aspergillus* / О.В. Павлова, С.С. Ануфрик, С.Н. Анучин // Веснік ГрДУ імя Янкі Купалы. Сер 6. Тэхніка. – 2017. – Т. 7. – № 1. – С.75 – 82.

УДК 628.3

Л.А. Шибека, доц., канд. хим. наук; В.О. Синькевич, студ.
БГТУ, г. Минск

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СКОПА В ПРОЦЕССАХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ КРАСЯЩИХ ВЕЩЕСТВ

Предприятия по изготовлению бумаги и картона относятся к числу промышленных объектов, оказывающих значительное воздействие на водные ресурсы. Обусловлено это особенностями технологического процесса производства продукции и, в первую очередь, стадией получения волокнистой массы и формирования бумажного полотна на бумагоделательной машине.

Согласно данным статистической отчетности [1] в 2017 году на предприятиях Республики Беларусь, относящиеся по видам экономической деятельности к подсекции «Производство изделий из дерева и бумаги; полиграфическая деятельность и тиражирование записанных носителей информации», сброс сточных вод составил 6,1 млн. м³, из которых в поверхностные водные объекты было отведено 5 млн. м³ стоков. В составе сточных вод предприятий по изготовлению картонно-бумажной продукции присутствует значительное количество взвешенных веществ, представляющих собой волокнистые компоненты. В процессе механической и физико-химической очистки таких стоков образуется осадок сточных вод, который называется скопом.

Цель работы – изучить эффективность использования скопа, образующегося на предприятиях по производству бумаги и картона, в процессах очистки сточных вод от красящих веществ.

В соответствии с классификатором отходов [2] скоп имеет 4 класс опасности и относится к группе VII «Отходы целлюлозы, бумаги, картона». Из-за высокой влажности в настоящее время он практически не используется и подлежит хранению или захоронению на полигонах или промышленных предприятиях.

Поскольку в составе скопа присутствуют волокнистые компоненты, то велика вероятность наличия у данного отхода сорбционных свойств в отношении ряда загрязняющих веществ, присутствующих в воде. В связи с этим, были проведены исследования по оценке эффективности очистки сточных вод от красителей с использованием скопа. Для анализа были отобраны образцы скопа, образующегося на одном из предприятий Республики Беларусь по изготовлению картонно-бумажной продукции.

Исследования проводили на модельных сточных водах, содержащих один из красителей: беменикс серый С-BL (кислотный краситель) или метиленовый голубой (основной краситель). Выбор красителей обусловлен особенностями их состава и действия. Концентрация красителя в растворе составляла 10 мг/дм³.

В работе использовали образцы скопа, высушенные при 140 °С (образец №1) и 175 °С (образец №2), а также образец скопа, прокаленный при температуре 600 °С (образец №3). Содержание скопа в растворе составляло 2, 4, 6 и 8 г/дм³.

Эффективность очистки сточных вод от красящих веществ оценивали по изменению оптической плотности пробы до и после взаимодействия образца скопа с раствором, содержащим краситель. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Эффективность очистки сточных вод от красителей при использовании различных образцов скопа

Содержание скопа в растворе, г/дм ³	Эффективность очистки сточных вод от красителей, %		
	образец скопа №1	образец скопа №2	образец скопа №3
Краситель – беменикс серый С-BL			
2	92,3	59,0	69,2
4	56,4	66,7	69,2
6	66,7	69,2	79,5
8	66,7	69,2	98,9
Краситель – метиленовый голубой			
2	71,7	66,4	69,2
4	65,8	63,0	65,6
6	72,1	71,2	62,4
7	69,7	67,8	61,4

Из представленных результатов видно, что максимальная эффективность очистки сточных вод от кислотного красителя (беменикс серый С-BL) при использовании образца № 1 (скоп, высушенный при 140°С), составляет 92,3%. Причем максимальная степень очистки

наблюдается при минимальном содержании скопа в растворе – в концентрации 2 г/дм³. Минимальная степень очистки при использовании данного образца (56,4%) имеет место при концентрации скопа в пробе 4 г/дм³. Эффективность очистки сточных вод от кислотного красителя при содержании скопа в растворе 6 и 8 г/дм³ не изменяется и составляет 66,7%.

Фиксируемое снижение эффективности очистки сточных вод от кислотного красителя при увеличении содержания скопа в пробе от 2 до 4 г/дм³, вероятно, обусловлено возможным вторичным загрязнением воды волокнистыми компонентами скопа. Это увеличивает мутность системы и сказывается на оптической плотности раствора. Последующее увеличение содержания скопа в пробе от 4 до 8 г/дм³ приводит к определенной агломерации волокон скопа между собой и более эффективному осаждению их под действием силы тяжести. Это снижает мутность раствора и способствует росту эффективности очистки воды.

Использование образца № 2 (скопа, высушенного при 175°C), характеризуется увеличением эффективности очистки воды от красителя беменикс серый С-BL при возрастании содержания скопа в пробе от 2 до 8 г/дм³. Вероятно, это обусловлено формированием более плотной структуры частиц скопа при более высокой температуре его сушки. Максимальная эффективность очистки воды при применении образца № 2 составляет 69,2 % при содержании скопа в воде 6 и 8 г/дм³.

Образец №3 (прокаленный скоп) характеризуется максимальной эффективностью очистки сточных вод от кислотного красителя (98,9 %) при содержании скопа 8 г/дм³. Это, вероятно, обусловлено, протеканием как физической сорбции красителя на волокнистых компонентах скопа, так и его химического взаимодействия с группами, содержащимися в образце сорбента. Как и в случае образца скопа № 2, с увеличением концентрации сорбента в пробе наблюдается рост степени очистки воды от красителя.

Удаление из сточных вод основного красителя (метиленового голубого) при использовании различных образцов скопа изменяется незначительно и варьируется в диапазоне 63–72% при различном содержании сорбента в пробе. Наименьшая эффективность очистки сточных вод от данного красителя наблюдается при использовании образца № 3 (прокаленный скоп). Данный факт, вероятно, обусловлен только возможным протеканием процесса физической сорбции красителя на частицах скопа. Фиксируемые незначительные изменения эффективности очистки сточных вод от основного красителя с использованием образцов скопа № 1 и № 2, вероятно, объясняются процессами, описанными выше в отношении кислотного красителя (вторичным загрязнением воды и агломерацией частиц скопа при более высокой его концентрации в пробе).

Таким образом, наиболее эффективным при удалении из сточных вод кислотного красителя (беменикс серого С-BL) является применение скопа, прокаленного при 600 °С, а при извлечении основного красителя (метиленового голубого) – скопа, высушенного при 140°C. Более эффективным является применение скопа в отношении извлечения кислотных красителей из сточных вод.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования скопа в качестве сорбционного материала для извлечения красящих веществ из сточных вод, что позволит вовлечь в хозяйственный оборот один из отходов производства; снизить затраты на очистку сточных вод, содержащих красители; уменьшить площадь земель, отводимых для захоронения скопа; снизить загрязнение компонентов окружающей среды.

Список использованных источников

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник. Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2018. – 227 с.
2. Об утверждении классификатора отходов, образующихся в Республике Беларусь: Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь № 85 от 08.11.2007 г. (в ред. постановлений Минприроды от 30.06.2009 г. № 48, от 31.12.2010 г. №63, от 07.03.2012 г. № 8). –94 с.

СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В БИОРЕАКТОРАХ МОС-2 В ОСЕННЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

Загрязнение поверхностных вод ставит под угрозу здоровье десятков миллионов людей. Неочищенные сточные воды загрязняют источники питьевой воды, поливную воду, используемую для выращивания сельскохозяйственных культур, и водоемы, у которых люди отдыхают, занимаются спортом и купаются. Предварительные оценочные показатели по бытовым сточным водам, полученные для 79 стран, большинство из которых относятся к странам с высоким и средним уровнем дохода, свидетельствуют, что 71% бытовых сточных вод собирается в канализационных системах, 9% – в автономных санитарно-технических установках, а сбор остальных 20% сточных вод не производится. С соблюдением требований безопасности очищается 76% общего количества сточных вод, собранных в канализационных системах, и только 18% собираемых автономными санитарно-техническими установками. Таким образом, 59% всех бытовых сточных вод собирается и очищается с соблюдением требований безопасности, а 41% неочищенных сточных вод создает угрозу для окружающей среды и здоровья людей. При этом из анализа исключены большая часть Азии и Африки, где ситуация значительно хуже [1].

Требования национальных стандартов в области очистки сточных вод существенно различаются. Только такие показатели, как биохимическая и химическая потребность в кислороде и количество взвешенных веществ нормируются практически во всех странах, общий азот нормируется в 80 странах из 100, общий фосфор – в 70 странах. Содержание мышьяка, хлора и фторидов учитывают национальные стандарты 30–40 стран, содержание азота аммонийного и нитратного, фосфора фосфатного – около 20 стран [1].

Механо-биологическая очистка бытовых сточных вод остается наиболее приемлемым способом, позволяющим удалять не только органические соединения, но и соединения азота и фосфора. Вместе с тем на биологические процессы существенное влияние оказывают состав сточных вод, поступающих на очистные сооружения, и параметры их функционирования, в частности, значение рН, температура, нагрузка на активный ил, содержание кислорода в растворенном или связанном состоянии, наличие токсикантов, доступность компонентов сточных вод для биологического окисления и др. Многие из этих факторов подвержены изменению, в том числе сезонному. Данная работа посвящена изучению особенностей биохимических процессов в очистных сооружениях в осенне-весенний период (октябрь – апрель).

В течение изученного периода температура воды в аэротенке колебалась в пределах: от 21,5°C в начале октября опускалась до 14,5°C в январе, и поднялась до 20,1°C к концу апреля, среднее содержание растворенного кислорода после биологической очистки составляло от 9,1 до 10,2 мг/дм³. Значение рН находилось в пределах 7,2–8,2, что является удовлетворительным для биологической очистки, при этом отмечена незначительная тенденция к увеличению этого показателя в весенний период.

На рисунках 1–3 представлены графики, отражающие колебания показателей сточных вод на входе в очистные сооружения (в приемной камере), после первичного отстаивания и значения этих показателей после биологической очистки (МОС-2) за период октябрь – апрель. Сопоставление приведенных данных позволяет сделать ряд заключений.

За период с октября по декабрь значение БПК₅ сточных вод, поступающих на очистные сооружения, снижалось: средние значения этого показателя составили 177,7; 145,3 и 138,5 мг/дм³ для октября, ноября и декабря соответственно, в январе он составил 225,0, в феврале, марте и апреле соответственно 137,7; 225,0; 171,6 мг/дм³. При этом указанная

тенденция не отмечена для таких показателей, как содержание взвешенных веществ и ХПК. Минимальное значение ХПК сточных вод за указанный период составляло в ноябре (490,5 мг/дм³), максимальное в январе (617,8 мг/дм³), содержание взвешенных веществ колебалось в пределах от 201,7 мг/дм³ в феврале до 247,7 мг/дм³ в апреле. Как следует из рисунка 1, в течение всего изученного периода наблюдалась полная очистка сточных вод по показателю БПК.

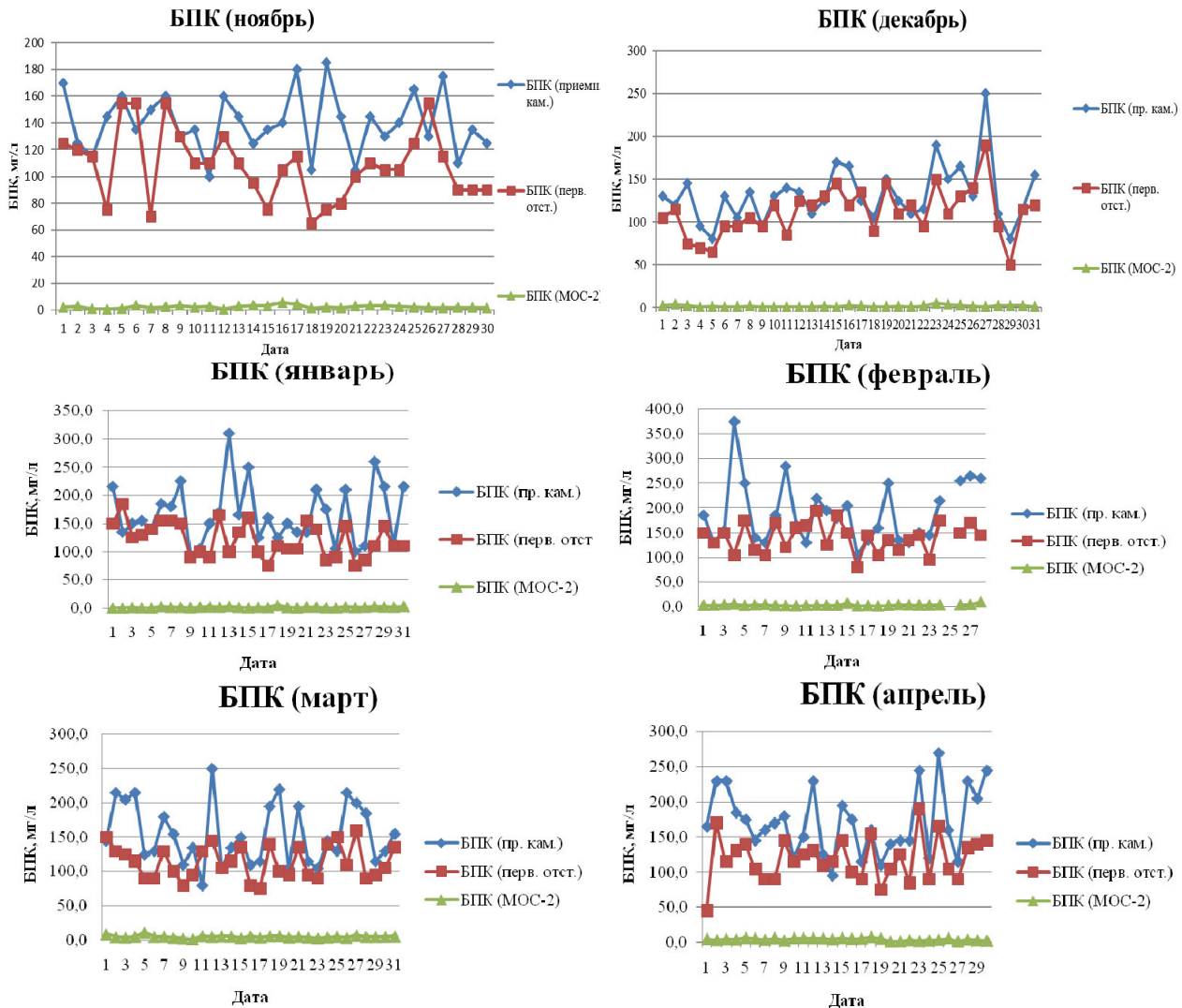


Рисунок 1– Значения БПК₅ сточных вод по ступеням очистки

Для уровня загрязнения поступающих сточных вод по азоту аммонийному и фосфору фосфатному (рис. 2,3) наблюдались явно выраженные отличия в утреннее и дневное время, в будние и выходные дни. При этом среднее содержание этих компонентов в поступающих сточных водах в разные месяцы существенно не различалось, достигая в отдельные дни 80 мг/дм³.

Степень удаления азота аммонийного не стабильна, наиболее эффективно его удаление происходило в октябре–декабре, в течение января содержание остаточного азота аммонийного постепенно возрастало, достигая 10 мг/дм³ и выше, и примерно на таком уровне оставалось в феврале. В марте ситуация несколько улучшилась, но в апреле снова отмечены колебания эффективности удаления азота аммонийного.

Для очистки сточных вод от фосфора фосфатного наблюдались практически те же закономерности, что и для азота аммонийного: стабильное удаление в течение октября–декабря, ухудшение ситуации с января с некоторой стабилизацией в марте.

Для оценки состояния активного ила анализировали пробы иловой суспензии, отобранные из сооружений МОС-2.

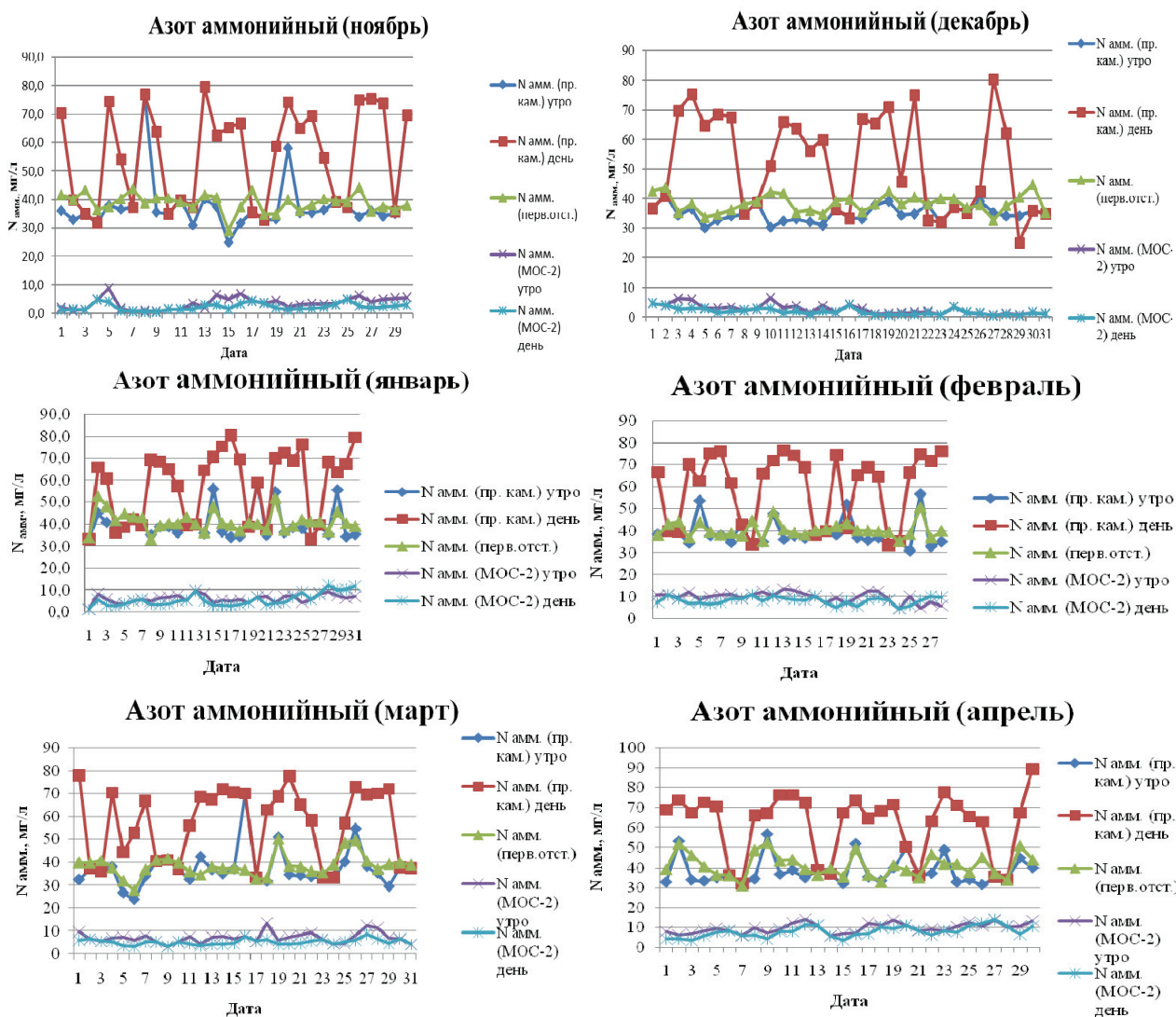


Рисунок 2 – Содержание азота аммонийного в сточных водах по ступеням очистки

В биоценозе обнаружены более 30 видов простейших и многоклеточных организмов, из них одновременно встречались 20–28 видов [2]. Видовой состав мало различался на протяжении периода исследований, однако количество организмов отдельных видов и соотношение различных индикаторных групп сильно варьировали.

Для осенне-зимнего периода наблюдений характерно стабильно малое число крупных раковинных амёб *Arcellavulgaris* и постепенное снижение количества мелких *Centropyxissp.*, что может быть обусловлено неблагоприятным для этих организмов сезоном года (рис. 4).

Однако с начала марта численность раковинных амёб, представленных в основном родом *Arcella*, начала увеличиваться, и к середине апреля их доля в биоценозе составляла уже около 50% при практически полном отсутствии представителей рода *Centropyxis*. Доля мелких голых амёб в биоценозе сильно возросла от значений, соответствующих нормальному протеканию процесса очистки (конец октября), до более чем 38% к концу декабря и держалась на высоком уровне до конца февраля (рис. 5). Одновременно к концу октября до 15–25% выросла и доля мелких жгутиконосцев (*Bodosaltans*, *Entosiphonsulcatum*, *Petalomonas pusilla* и др.) (рис. 6).

Количество же хищных крупных жгутиконосцев *Peranemaptleururum*, *P. trichophorum*, напротив, в течение первых двух месяцев наблюдения снижалось. Далее в период с декабря по май их доля была невелика и колебалась в пределах 0,4–4,4%.

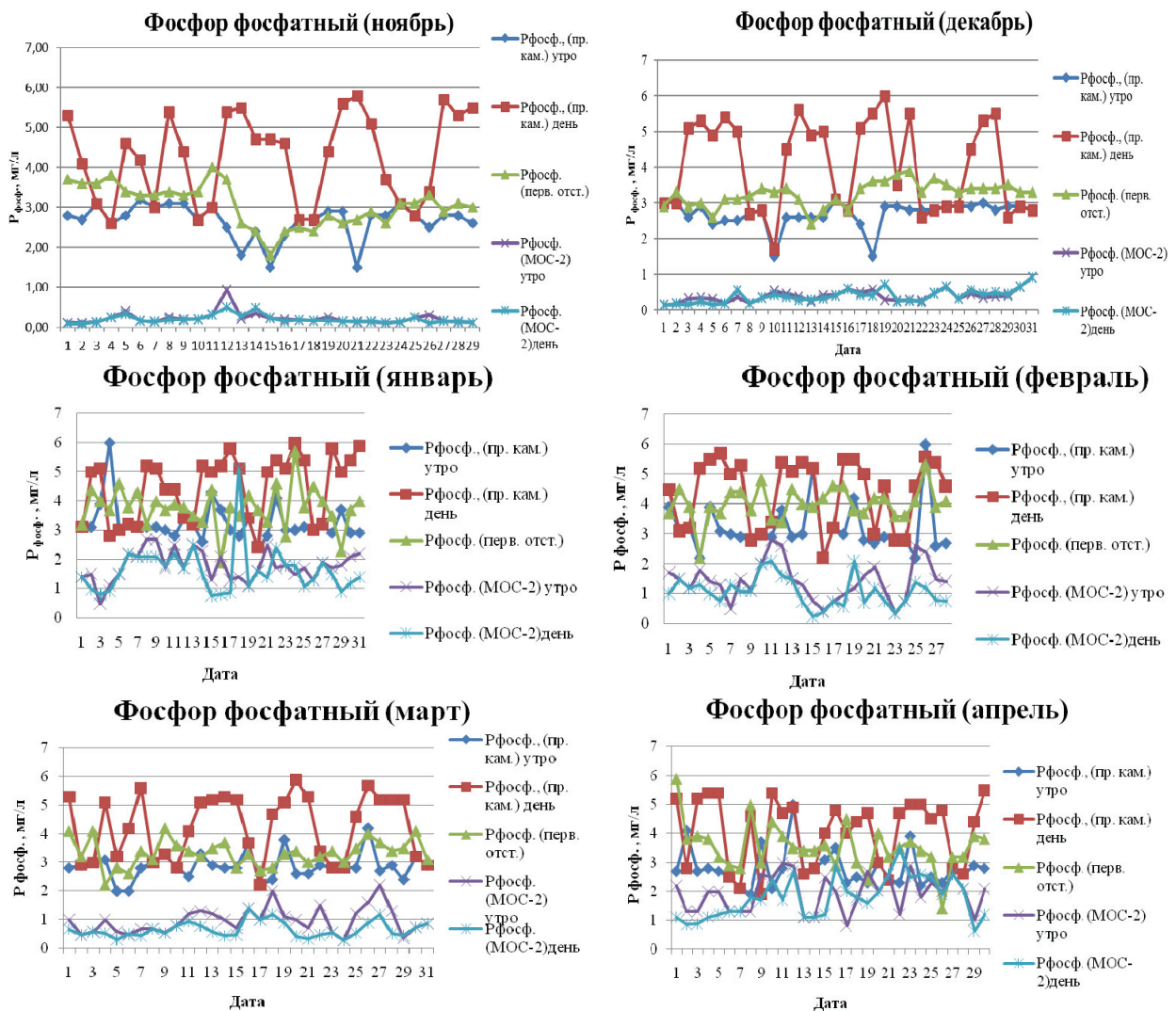


Рисунок 3 – Содержание фосфора фосфатного в сточных водах по ступеням очистки

Спад доли мелких голых амёб в биоценозе активного ила наблюдался с конца февраля по начало апреля. Однако именно на этот период приходится значительный всплеск численности мелких жгутиконосцев, доля которых в феврале достигала 64%, а к началу апреля поднялась до 80%.

В других случаях рост численности мелких амёб также часто сопровождался падением количества мелких жгутиконосцев и наоборот, что свидетельствует о конкуренции этих групп организмов по отношению к субстрату. Суммарная доля мелких представителей ила была высока в течение практически всего периода исследований и достигла максимальной отметки (около 95%) в середине февраля, что говорит об угнетении более высокоорганизованных организмов.

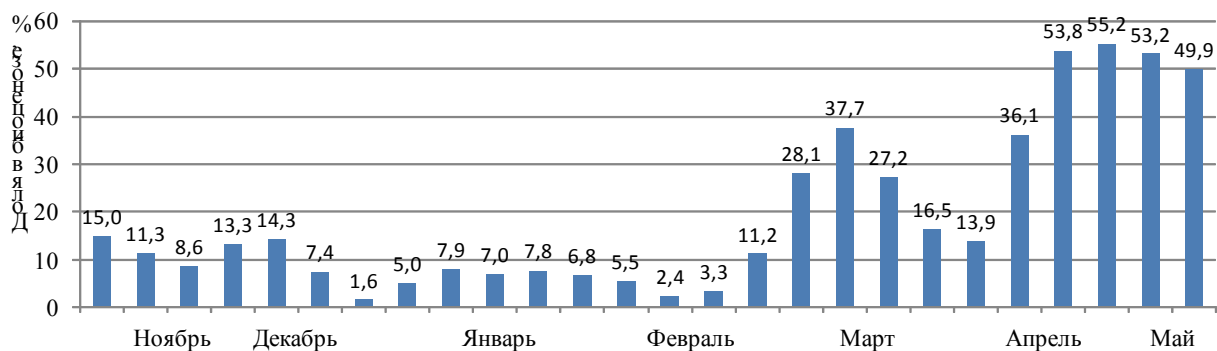


Рисунок 4 – Динамика доли раковинных амёб в биоценозе АИ

Индикаторная группа брюхоресничных инфузорий была представлена видами *Aspidisca costata* и *Euplotes affinis*. Оба вида могут обитать в довольно широких интервалах загрязненности воды. Доля этих инфузорий значительно уменьшилась на протяжении ноября со значения более 50% до 6–8%, в течение декабря возросла до 27% и далее к середине января до 37% (рис. 7). Однако к началу февраля брюхоресничные инфузории практически исчезли из биоценоза и с марта по май в иле не обнаруживались. Этот факт может косвенно свидетельствовать о нарушении структуры хлопков ила, что подтверждено результатами микроскопирования образцов иловой смеси.

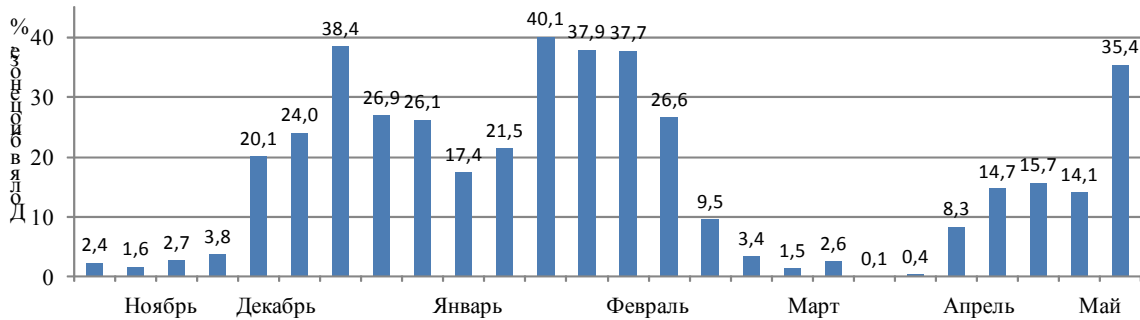


Рисунок 5 – Динамика доли голых амёб в биоценозе АИ

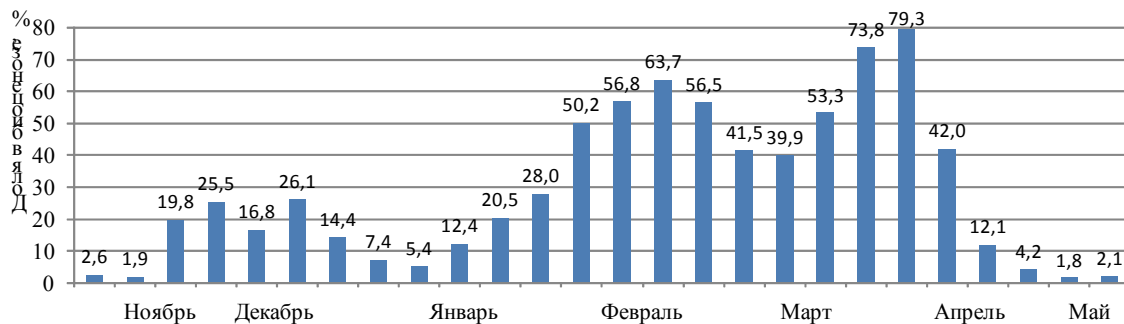


Рисунок 6 – Динамика доли мелких жгутиконосцев в биоценозе АИ

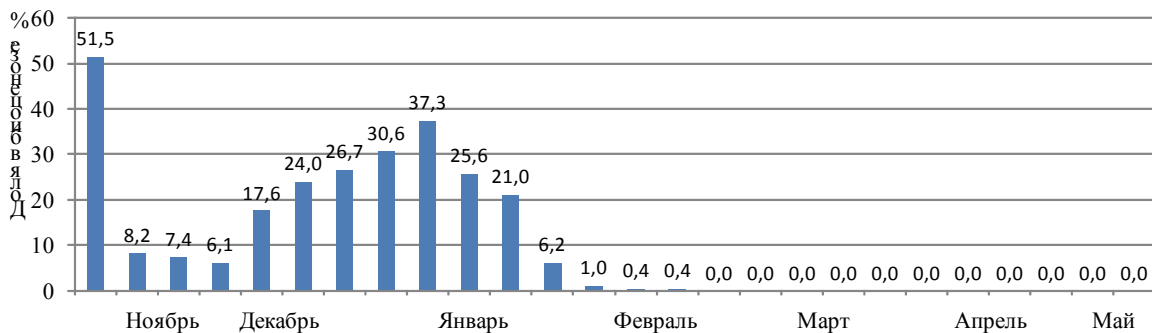


Рисунок 7 – Динамика доли брюхоресничных инфузорий в биоценозе АИ

Найденные в октябре виды кругоресничных инфузорий (*Vorticella convallaria*, *Epistylis sp.*, *Opercularia phryganeae*) обычны в активном иле очистных сооружений. Однако к середине ноября возросла численность *Vorticella microstoma*, *Operculariamicrodiscum*, для которых характерна устойчивость к неблагоприятным факторам среды. В течение декабря-января доля кругоресничных инфузорий колебалась в пределах 5–28%, с февраля по май значительно снизилась и в среднем составляла около 3% (рис. 8). Малая численность кругоресничных инфузорий в этот период времени может быть объяснена низким числом в иловой смеси свободных бактерий, служащих питанием для данной группы организмов.

В числе свободноплавающих инфузорий обнаруживались типичные для активного ила виды *Trachelophyllum pusillum* и *Dexiotrichasp*. С конца октября до конца ноября наблюдалась тенденция увеличения численности обоих видов инфузорий (рис. 9), что мо-

жет свидетельствовать о росте числа бактерий, не связанных с хлопками активного ила. В зимний период доля свободноплавающих инфузорий не превышала 7,3%, в весенний – возросла до 15–20% со значительным преобладанием вида *Dexiotrichasp*.

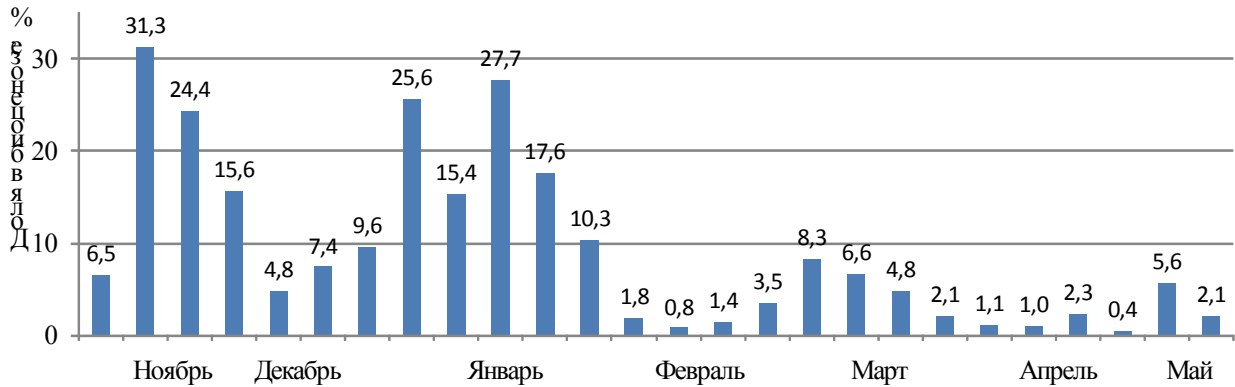


Рисунок 8 – Динамика доли кругоресничных инфузорий в биоценозе АИ

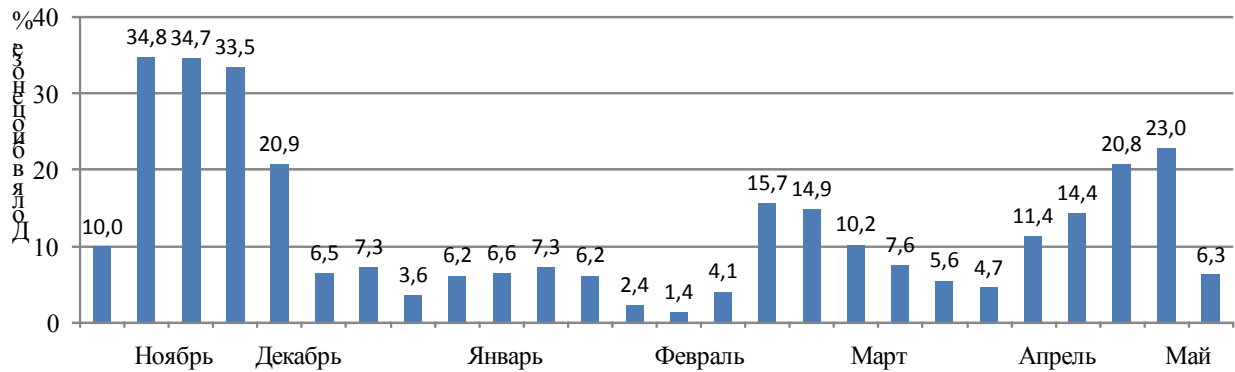


Рисунок 9 – Динамика доли свободноплавающих инфузорий в биоценозе АИ

О достаточно высоком уровне развития биоценоза говорит присутствие хищных сосущих инфузорий (*Tokophryaquadripartita* и др.), однако в изучаемом активном иле на протяжении периода исследований их количество было невелико. В период наблюдений отмечена малая численность и низкое видовое разнообразие колеровок, которые в основном принадлежали к обычному для очистных сооружений виду *Rotariatardigrada*. В ряде проб найдены единичные представители вида *Lecane inermis*. Изредка встречались круглые черви (нематоды).

Таким образом, для изучаемого объекта характерны значительные колебания численности организмов различных видов. Наиболее благоприятная ситуация как по видовому составу активного ила, так и по соотношению индикаторных групп наблюдалась в конце октября. Далее происходило постепенное ухудшение структуры биоценоза с развитием устойчивых к неблагоприятным условиям видов, массовым размножением мелких организмов низших трофических уровней, снижением доли кругоресничных и брюхоресничных инфузорий, а также хищников и многоклеточных организмов.

В пробах иловой суспензии обнаружены не менее четырех различных видов нитчатых бактерий. Тонкие нитчатые образования одного из них постоянно в массе присутствовали в составе хлопков ила, что способствовало разрыхлению и снижению плотности последних. Как следствие, иловая масса отличалась низкой седиментационной способностью, и на протяжении всего периода исследований значения илового индекса превышали $180 \text{ см}^3/\text{г}$. Присутствие в биоценозе значительного количества нитчатых организмов свидетельствует о наличии факторов, подавляющих развитие флокулообразующих бактерий, в числе которых могут быть наличие токсичных веществ, высокие либо, напротив, низкие концентрации легкоокисляемых органических соединений и др.

Список использованных источников

1. Прогресс в области очистки и использования сточных вод с соблюдением требований безопасности: экспериментальная опробация методологии мониторинга и первоначальные выводы по показателю 6.3.1. ЦУР [Электронный ресурс] / Чистая вода и санитария. – Всемирная организация здравоохранения и ООН-Хабитат, 2018. – Режим доступа: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/275970>. – Дата доступа: 19.05.2019.

2. Фауна аэротенков : (атлас) / А.А Айсаев [и др.]; отв. ред. Л.А. Кутикова. – Л.: Наука, Ленингр. отделение, 1984. – 264 с.

УДК 628/3

А. В. Дубина, ассист.; В. Н. Марцуль, доц., канд. техн. наук
БГТУ, г. Минск

СПОСОБ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ ОТ ФОРМАЛЬДЕГИДА

На деревообрабатывающих предприятиях Республики Беларусь при производстве ДСтП, МДФ и фанеры образуются сточные воды, содержащие остатки КФС и клеев на их основе, включая формальдегид. Указанные производства отличаются в части способов нанесения (введения) связующего на древесный материал, используемым оборудованием, периодичностью и способом промывки оборудования, что сказывается на объеме и составе сточных вод. С целью получения информации для более полной характеристики объекта исследования было проведено обследование ряда предприятий с определением условий образования и состава сточных вод. Такие работы проведены на следующих предприятиях: ОАО «Фандок», ОАО «Мостовдрев», ОАО «Пинскдрев», ОАО «Витебскдрев», ОАО «Борисовдрев».

На большинстве предприятий Республики Беларусь в качестве смолы для приготовления клеев используется смола марки КФ-МТ-15 или ее аналоги и модификации.

Промывка оборудования производится периодически: в конце смены или 5 рабочих дней, в зависимости от работы предприятия. Промывка емкостей для хранения КФС и трубопроводов производится перед поступлением новой партии смолы. Промывка осуществляется горячей водопроводной водой (температура 65-75 °С).

На всех предприятиях промывные сточные воды, содержащие олигомерные продукты, как правило, не очищаются, а по трубопроводам отводятся в накопительные емкости. В процессе хранения сточных вод образуется осадок затвердевших клеев, который классифицируется как отход мочевино-формальдегидных смол (код по классификатору отходов 5590205), отвердевшие карбаминоформальдегидные клеи (код – 5590601). Осадок вывозится для захоронения на полигон, а надосадочная жидкость направляется в накопитель жидких отходов либо, после разбавления, сбрасывается в канализацию. На деревообрабатывающих предприятиях существует проблема образования отложений затвердевших КФС на стенках трубопроводов, насосов, емкостей, что требует их чистки или замены.

Сточные воды, образующиеся после промывки технологического оборудования используемого для приготовления клеевых составов из карбаминоформальдегидной смолы и отобранные на различных деревообрабатывающих предприятиях Беларуси, характеризуются следующим составом: концентрацией формальдегида – 1-5 г/дм³, химическим потреблением кислорода (ХПК) жидкой фазы – 15000-90000 мгО₂/дм³, сухим остатком – 20-100 г/дм³.

Несмотря на малые объемы, очистка сточных вызывает ряд определенных трудностей, связанных с нестабильным составом, отложением продуктов конденсации КФС на стенках емкостей и трубопроводов, изменением концентрации формальдегида в широких пределах.

Так как олигомеры КФС гидролитически неустойчивы, то основным процессом, который оказывает влияние на состав сточных вод, является гидролиз компонентов КФС.

В результате этого процесса остаточные метилольные группы и эфирные мостики переходят в метиленовые и метиленэфирные связи с образованием свободного формальдегида и воды. Гидролитическое расщепление низкомолекулярных фракций происходит путем гидролиза метиленовых или метиленэфирных связей. Из концевых метилольных групп образуется формальдегид. Стимулируют эти процессы разбавление смолы водой, повышение температуры и снижение рН [1].

Так как не удается избежать образования формальдегидсодержащих сточных вод, проблема их очистки от формальдегида и остатков смолы является актуальной для предприятий деревообрабатывающей отрасли и требует принятия новых эффективных технологических решений, направленных на сокращение объема этих вод до минимума или максимально эффективную их очистку и, по возможности, с последующим возвратом очищенной воды в водооборотный цикл предприятия.

Известно использование для обезвреживания аналогичных или близких по составу сточных вод окислительных (парофазное и жидкофазное, электрохимическое, биохимическое, фотохимическое окисление), физико-химических (адсорбция, флотация, коагуляция и др.) способов очистки. Однако на практике эти методы находят ограниченное применение, что связано со значительными затратами, недостаточной эффективностью очистки.

Целью работы является разработка технологии обеспечивающей удаление отвержденных компонентов КФС в виде, пригодном для дальнейшего использования, и снижение концентрации формальдегида до значений, при которых возможно использование или отведение очищенных вод.

В исследованиях использовались сточные воды, которые характеризуются содержанием формальдегида – 1 г/дм³, химическим потреблением кислорода (ХПК) жидкой фазы – 20000 мгО₂/дм³, содержанием компонентов КФС – 60 г/дм³, значение рН = 5. В качестве связующего используется смола КФ-МТ-15, отвердитель – хлорид аммония.

Предварительно было изучено изменение состава сточных вод во время хранения их на предприятии, а так же влияние различных факторов на состав сточных вод.

За время хранения сточных вод происходило значительное изменение концентрации формальдегида и значения ХПК. При общей тенденции снижения ХПК жидкой фазы за счет образования и осаждения дисперсной фазы от времени выдержки, зависимость носит экстремальный характер, с резким увеличением содержания формальдегида в первые 3-5 дней.

Учитывая то, что на состав сточных вод оказывают влияние процессы гидролиза, одной из задач исследования являлось определение условий, при которых обеспечивается конденсация КФС в виде мелкодисперсного материала, предотвращение последующей конденсации и достижение минимально возможной концентрации формальдегида.

Для стабилизации сточных вод нужно провести реакцию поликонденсации растворенных КФС. Реакцию поликонденсации можно осуществить увеличением температуры или понижением рН раствора.

При кратковременном нагреве сточных вод выпадает в осадок до 72% растворенных олигомеров КФС и концентрация формальдегида снижается на 64%. При этом возможна эмиссия формальдегида в атмосферу.

Влияние значения рН среды на состав отобранных проб сточных вод определяли в интервале от 1 до 9, с интервалом 1 ед. рН. При рН < 4 преобладает реакция, приводящая к возникновению метиленовых связей, а при 4 < рН < 7 образуются как метиленовые, так и диметиленэфирные связи.

Формальдегид, как упоминалось выше, участвует в процессе поликонденсации и отверждения, образуя межмолекулярные связи, о чем свидетельствует значительное уменьшение концентрации формальдегида со снижением рН.

В кислой среде, при наличии в воде формальдегида и растворенных олигомеров параллельно происходят:

– процессы сшивки и циклизации КФС, приводящие к снижению ее растворимости в воде;

– процессы поликонденсации с участием остаточных аминогрупп с формальдегидом.

В щелочной среде наблюдается стабилизация состава сточных вод: в объеме сточных вод не образуется дисперсная фаза, концентрация формальдегида изменяется незначительно.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что максимальное количество осадка в % от массы сухих веществ в сточных водах (95% от начальной массы) образуются из подкисленных сточных вод при значениях $pH < 1,5-2,0$. При сравнении количества полученного осадка при $pH = 2$ и $pH = 1$ установлено, что при снижении pH на 1 ед. степень осаждения увеличивается только на 0,9%. В процессе отверждения смолы происходит уменьшение концентрации формальдегида. При $pH = 1$ снижение концентрации формальдегида составило 77,4%.

При проведении исследований было установлено, что после отделения жидкости от осадка, в фильтрате, через некоторый промежуток времени, в объеме фильтрата начинается процесс отверждения смолы. Время, через которое начинался процесс отверждения смолы зависел от pH среды и концентрации компонентов КФС. В образцах сточных вод, которые подкисляли до $pH 1-2$, процесс отверждения растворенных олигомеров начинался через несколько минут после отделения осадка,

Полученные в ходе предварительных испытаний данные, использовались для создания способа очистки сточных вод, образующихся в процессе получения и использования карбамидо-формальдегидных смол на деревообрабатывающих предприятиях.

Предложенный способ предполагает 2 этапа обработки сточных вод.

На первом этапе из сточных вод удаляется большая часть растворенных олигомеров. Для этого сточные воды подкисляют до $pH = 2$ и проводят 3-х ступенчатое отверждение растворенных олигомеров, при этом в процессе отверждения снижается концентрация формальдегида. Каждая ступень предусматривает отделение образующегося осадка на вакуум-фильтре. Надосадочную жидкость после стабилизации сточных вод нейтрализовали раствором $Ca(OH)_2$.

В результате очистки сточных вод на первом этапе достигается снижение концентрации КФС на 95-99,1%, а концентрация формальдегида в растворе снижается на 90-97%, в зависимости от концентрации растворенных олигомеров.

Осадок сточных вод представляет творогоподобную гигроскопическую массу белого цвета, которая по химическому составу представляет полимерную фракцию смолы с массовой долей влаги от 20 до 40% и максимальным размером конгломератов от 15 до 20 мм. Осадок содержит достаточно большое количество азота в виде аминных групп, входящих в состав полимерных молекул смолы.

Второй этап предполагать доочистку сточных вод после первой стадии. Для доочистки использовались физико-химические, сорбционные и химические методы. Наилучшие результаты по доочистке сточных вод от формальдегида были достигнуты при использовании фотокаталитического и сорбционного способа.

Окончательный выбор способа доочистки зависит от требований заказчика к качеству очищенной сточной воды и вариантами последующего их использования или сброса.

Общая эффективность способа очистки сточных вод производства и применения карбамидоформальдегидных смол составляет по значению ХПК – 96-99%, по содержанию формальдегида – 99,0 – 99,9%.

Список использованных источников

1. Доронин Ю.Г., Мирошниченко С.Н., Свиткина М.М. Синтетические смолы в деревообработке. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесная промышленность, 1987. – 224 с.
2. Абсорбенты: теория и практика их применения для очистки сточных вод / Под ред. Авакова А.П. – М.: Химия, 1983. – 114 с.
3. Анализ существующих методов очистки сточных вод от формальдегида/ Плюскина А.В, Чудинова С.М. // Тез. докл. 27 науч. – тех. конфер. Пермского политех. инс-та по результатам н-и работ, выполненных в 1988-1990 гг. [Ч. 2] – Пермь, 1991. С. 201.

4. Патент РФ 2060953, МКИ С 02 F 1/28. Способ очистки сточных вод, содержащих формальдегидные смолы/ Бельчинская Л.И., Послухаев Н.И. – Заявл. 23.12.93., Оpub. 27.05.96., бюл. № 15.

5. Таранцева К. Р., Марынова М. А., Андреев С.Ю. — Технология обезвреживания формальдегидосодержащих промышленных стоков // Известия ПГПУ им. В. Г. Белинского, 2011. № 26. С. 671–676.

УДК 628.316:54:666.962.3

Е.Г. Сапон, ассист.; В.Н. Марцуль, доц., канд. техн. наук
БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ФОСФОРА НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КАНАЛИЗАЦИИ КАЛЬЦИЙ И МАГНИЙСОДЕРЖАЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ

Фосфор важнейший биогенный элемент, играющий ключевую роль для всех живых организмов. Он входит в состав соединений, участвующих в обмене веществ, передаче генной информации и накоплении энергии. Как правило, именно фосфор является лимитирующим фактором эвтрофикации водных объектов и плодородия почв. Вместе с тем, в силу разомкнутости его глобального биогеохимического цикла фосфор относится к исчерпаемым природным ресурсам.

В природе он никогда не встречается в свободном виде и в основном представлен в виде фосфоритов и апатитов. Ежегодно во всем мире для производства удобрений добывается более 140 млн.т. фосфорсодержащих горных пород. Также необходимо учитывать, что темпы роста добычи постоянно увеличиваются в среднем на 3 % в год. По различным подсчетам разведанных запасов фосфора хватит не более чем на 125 лет [1]. Наиболее крупные месторождения фосфорсодержащих горных пород сосредоточены лишь в несколько стран: Марокко, Китай, ЮАР, Иордания и США. Остальные страны являются зависимыми от импорта этих ископаемых. Так, в странах ЕС фосфорсодержащие горные породы и белый фосфор включены в перечень стратегического сырья. Беларусь также традиционно является импортером более 200 тыс.т. апатитового концентрата и более 100 тыс.т. фосфоритной муки для производства фосфорных удобрений и фосфорной кислоты [2]. Таким образом, сбалансированное использование и воспроизводство ресурсов фосфора является актуальной задачей.

Посчитано, что со сточными водами теряется более 4,5 млн. т. P/год, или 25% от добываемого количества. На основе комплексного баланса фосфора для стран Европейского союза было показано, что наибольшее его количество поступает на очистные сооружения канализации (ОСК) с хозяйственно-бытовыми сточными водами [1]. В связи с выше изложенным первостепенной задачей по рациональному использованию ресурсов фосфора является максимальное удаление и извлечение его на ОСК.

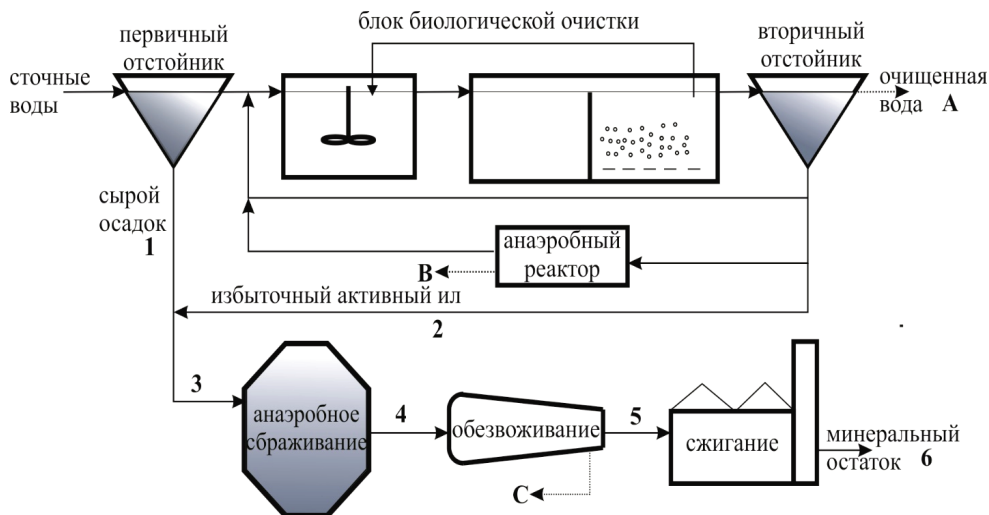
Классическая схема ОСК включает полную биологическую очистку, в результате которой фосфор удаляется из сточных вод с сырым осадком и избыточным активным илом (ИАИ). Активный ил использует фосфаты для роста, размножения и как источник энергии, однако при изменении внешних условий наблюдается выделение их в иловую воду. Разрушение полифосфатов и высвобождение фосфора в виде фосфатов наблюдается при:

- длительном пребывании ила во вторичных отстойниках;
- гравитационном уплотнении ИАИ;
- стабилизации осадков;
- механическом обезвоживании осадков;
- уплотнении осадков на иловых площадках.

В результате вышеуказанных процессов образуются возвратные потоки иловой воды, поступающие в приемную камеру очистных сооружений. Концентрация фосфора в них может превышать 200 мг P/л, что в десятки раз больше, чем в поступающих на очистку

сточных водах. С возвратными потоками в систему очистки может поступать до 30 % от массы фосфора, поступающего со сточными водами, что приводит к снижению общей эффективности удаления его на ОСК [3]. Тем не менее, основная масса фосфора фиксируется в твердой фазе осадков сточных вод.

Таким образом, все варианты извлечения фосфора на ОСК в зависимости от объекта обработки можно разделить на три группы: первая – извлечение из жидкой фазы возвратных потоков, вторая – извлечение из суспензии осадков сточных вод, третья – извлечение из зольного остатка после сжигания осадков сточных вод. На рисунке 1 представлены потоки ОСК из которых возможно извлечение фосфора с целью последующего использования.



А – очищенная вода, В – иловая вода, С – фугат, 1 – сырой осадок, 2 – избыточный активный ил (ИАИ), 3 – смесь ИАИ и сырого осадка, 4, 5 – стабилизированный осадок сточных вод до и после обезвоживания, 6 – минеральный остаток от сжигания осадка сточных вод

Рисунок 1 – Варианты извлечения фосфора из потоков очистных сооружений канализации

На рисунке 1 буквами А, В и С обозначены точки, в которых извлечение фосфора наиболее целесообразно из жидкой фазы. Числами 1-6 обозначены потоки ОСК из которых фосфор может быть извлечен непосредственно из осадков сточных вод или их минерального остатка после сжигания. По нашему мнению, наиболее целесообразно извлечение из иловой воды после уплотнения и фугата от обезвоживания осадков сточных вод.

Как правило, количество фосфора, извлекаемого из жидкой фазы иловых суспензий, ограничено и не превышает 60 % от его валового количества в осадках. Для более полного использования фосфора (до 90% от валового содержания) осадков сточных вод необходимо обеспечить их соответствующую обработку и использование, например, в сельском хозяйстве. Однако в этом случае более половины от образующегося количества осадков имеет ряд ограничений по применению, связанных с высоким содержанием тяжелых металлов, стойких органических загрязнителей, лекарственных препаратов и др.

В США, Канаде и Японии внедрены установки кристаллизации магний аммоний фосфата, фосфатов кальция и магния из возвратных потоков ОСК. В основе применяемых технологий лежит использование таких реагентов, как известковое молоко, гидроксид магния, смесь гидроксида натрия и хлорида магния. На сегодняшний день одним из самых перспективных методов извлечения фосфатов из возвратных потоков ОСК считается осаждение их в составе магний аммоний фосфата (струвита). Струвит – представляет собой кристаллическое вещество, содержащее магний, аммоний и фосфор в эквимольных количествах (1:1:1). Он может быть использован в качестве комплексного удобрения пролонгированного действия из-за низкой скорости растворения и незначительного содержания тяжелых металлов, что выгодно отличает его от удобрений, полученных из фосфатных руд.

Кристаллизация комплексной соли магний аммоний фосфата начинается после достижения насыщения раствора по его компонентам, что достигается либо повышением концентрации реагентов, либо увеличением рН до 9,0–9,5. Самопроизвольное её осаждение может происходить при анаэробном сбраживании осадков сточных вод, которое сопровождается ростом значения рН и концентрации ионов магния, азота аммонийного и фосфатов. Протекание процесса в таких условиях представляет собой техническую проблему, обусловленную тем, что происходит необратимая кольматация очистного и насосного оборудования и трубопроводов [4].

Наряду с кристаллизацией высокоэффективным методом извлечения фосфора из потоков ОСК является сорбция. Перспективным считается использование местных материалов, обладающих высоким потенциалом удаления фосфора из числа недорогого сырья или отходов производства. Ввиду простоты использования, высокой эффективности и малой стоимости их использование особенно целесообразно на ОСК малой производительности. По происхождению данные материалы разделяют на три группы: природные, отходы или побочные продукты производства и искусственные, полученные путем обжига или синтеза. Наибольшее распространение среди них нашли кальций и магнийсодержащие материалы, это связано с тем, что отработанный материал в последующем может найти применение в сельском хозяйстве.

На кафедре промышленной экологии проведены исследования по определению эффективности использования для извлечения фосфатов доступных местных кальций и магнийсодержащих материалами.

Проведено сравнение и выбор материалов для извлечения фосфатов из сточных и иловых вод на ОСК. Среди более чем двадцати отобранных для исследований сорбентов наибольшей степенью извлечения обладают: отработанный катализатор крекинга углеводородов нефти (ОКК), шлам водоподготовки (ШВ), электросталеплавильный шлак (ЭШ), термообработанный доломит (ТОД). Установлены значения предельной емкости по фосфору для ШВ, ОКК, ЭШ и ТОД, которые соответственно равны: 3,2; 7,3; 13,3, и 26,9 мг P/г. Результаты исследований, полученные на модельных растворах, подтверждены на иловых водах и фугате Минской очистной станции [5].

Определены условия протекания хемосорбционных процессов, определяющих эффективность извлечения фосфора ЭШ и ТОД. Для сорбентов на основе ЭШ и ТОД разработаны ТУ ВУ 100354659.110-2015 Сорбенты для очистки сточных вод. Предложено использовать эти сорбенты для извлечения фосфора из иловых вод от уплотнения избыточного активного ила и фугата от обезвоживания осадков сточных вод. Способ извлечения фосфора из осадков сооружений биологической очистки сточных вод защищен патентом Республики Беларусь №21502.

Разработана двухступенчатая противоточная схема извлечения фосфора из возвратных потоков очистных сооружений с помощью ТОД при которой движение очищаемой воды и обожженного доломита реализуется на встречу друг другу. Отработанный после сушки может использоваться в качестве фосфорсодержащей добавки в почву. Внедрение разработанной технологии очистки возвратных потоков от фосфора позволит уменьшить нагрузку на ОСК и тем самым увеличить эффективность их работы. Реализация данной технологии позволит извлечь и повторно использовать до 20% фосфора от общего количества, поступающего на очистные сооружения. При использовании анаэробного сбраживания осадков сточных вод степень извлечения может достигать 40%.

Подтверждена высокая эффективность применения ЭШ и ТОД извлечения фосфора из потоков ОСК. Отработанные материалы можно использовать в сельском хозяйстве в качестве известковых мелиорантов.

Список использованных источников

1. Withers P. J. A. et al. Stewardship to tackle global phosphorus inefficiency: the case of Europe // *Ambio*. – 2015, – Vol. 44, – No. 2, – P. 193-206.

2. Аношко Я. И., Унукович А. В., Варакса В. В. Минерально-сырьевые ресурсы в народнохозяйственном комплексе Республики Беларусь //Белорусский экономический журнал. – 2010, №. 4, с. 133–142.

3. Сапон Е. Г., Марцуль В. Н. Перераспределение фосфора между фазами суспензии из бытового активного ила при аэробной и анаэробной стабилизации //Труды БГТУ: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2015. №. 4. Т.177, с. 288–294.

4. Le Corre K. S. et al. Phosphorus recovery from wastewater by struvite crystallization: A review //Critical Reviews in Env. Sci. and Tech. 2009. Vol. 39. №. 6. P. 433–477.

5. Сапон Е. Г., Марцуль В. Н. Исследование очистки сточных вод от фосфатов материалами, полученными из природного сырья и отходов // Труды БГТУ: Химия и технология неорганических веществ. – 2015. №. 3. Т.176, с. 20–28.

УДК 556

Е.Е. Петлицкий, О.И. Процко

РУП «ЦНИИКИВР», Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды

ЗАВИСИМОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕТНЕ-ОСЕННЕГО СТОКА БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ ОТ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Формирование речного стока происходит водвоздействием большого количества факторов, которые можно выделить в три группы:

– факторы, определяющие увлажненность водосборов или его климатические особенности (гидрометеорологические особенности бассейна);

– факторы подстилающей поверхности (рельеф, лесистость, заболоченность, озерность, почвы, распаханность и т. д.). Влияние их на величину стока проявляется косвенно. Роль их сказывается в трансформации поступающих на водосбор осадков. Они определяют аккумулирующую способность водосбора, время добегания поверхностных и подземных вод к створу и разность запасов влаги на начало и конец расчетного периода;

– гидрогеологические условия, характеризующие подземное питание рек, особенно из зоны активного водообмена. Влияние этих факторов сказывается существенно на минимальном стоке, а в меньшей, степени на сезонном.

Эти три группы определяющих факторов в той или иной степени должны быть учтены при анализе условий формирования сезонного стока. Связь между стоком рек и этими явлениями настолько сложна и многообразна, что зависимость между ними не всегда четко проявляется, она приобретает приближенный статистический характер.

Выявление основных факторов и оценка их влияния на формирование летне-осеннего стока может быть объективно выполнена с использованием аппарата множественной линейной корреляции. Вычисленные коэффициенты корреляции позволяют судить о степени статистических связей между стоком и физико-географическими факторами.

Расчет парных коэффициентов корреляции выполнен для двух характеристик летне-осеннего стока:

средний сток за сезон – u_2 , л/с·км²;

минимальный средний месячный сток – u_2 , л/с·км².

В качестве аргументов, характеризующих условия формирования стока, использовано 10 физико-географических факторов:

0 – сумма годовых осадков, мм;

x – норма годового стока, л/с.км²;

h – глубина вреза русла, м;

λ – лесистость, %;

φ₁ – заболоченность, %;

J– средний взвешенный уклон, ‰;

Н – высота водосбора, м;
 F – площадь водосбора, км²;
 φ – коэффициент естественной зарегулированности.

Результаты расчетов парных коэффициентов корреляции приведены в таблице 1 в виде матрицы. Матрица парных коэффициентов корреляции симметричная и поэтому приведена до главной диагонали. В первых двух колонках приведены коэффициенты корреляции минимального (y_1) и среднего стока (Y_2) за летне-осенний сезон между собой и физико-географическими факторами. Как видно из этой таблицы влияние факторов на формирование стока проявляется неодинаково. Наиболее тесно характеристики летне-осеннего стока связаны с годовым стоком, коэффициентом естественной зарегулированности и глубиной вреза русла. Коэффициенты корреляции между минимальным средним месячным модулем стока и этими факторами соответственно равны:

$$r_{y_1x}=0,71\pm 0,06; r_{y_1\phi}=0,81\pm 0,04; r_{y_1h}=0,52\pm 0,12.$$

Для среднего модуля стока за сезон теснота связи характеризуется:

$$r_{y_2x}=0,77\pm 0,05; r_{y_2\phi}=0,67\pm 0,02; r_{y_2h}=0,38\pm 0,07.$$

Следует отметить существование статистических связей летне-осеннего стока с высотой водосбора, коэффициенты корреляции $r_{y_1h}=0,41$; $r_{y_2h}=0,36$. Объяснением может служить то, что высота водосбора находится в довольно тесной корреляционной зависимости от глубины вреза русла ($r_{hH}=0,69$) и косвенно характеризует степень дренирования территории речной сетью.

Как показал анализ корреляции связей, регулирующие влияние водосборной площади для данного района недостаточно четко выражено ($r_{y_1F}=0,24$, $r_{y_2F}=0,05$) и несколько теснее связь с площадью водосбора в логарифмическом виде. Коэффициенты корреляции $r_{y_1lgF}=0,16$ и $r_{y_2lgF}=0,27$ (в матрице не приведены).

Таблица 1 – Парные коэффициенты корреляции между характеристиками летне-осеннего стока и физико-географическими факторами.

	y_1	y_2	x	h	φ	λ	φ ₁	J	H	J _{ср}	O	F
y_1	1											
y_2	0.83	1										
x	0.71	0.77	1									
h	0.52	0.38	0.14	1								
φ	0.81	0.67	0.40	0.57	1							
λ	-0.11	-0.02	0.18	-0.27	-0.16	1						
φ ₁	-0.28	-0.42	-0.25	-0.38	-0.21	0.05	1					
J	0.11	0.14	0.18	0.04	0.02	-0.34	-0.22	1				
H	0.41	0.36	0.04	0.69	0.37	-0.55	0.40	0.44	1			
J _{ср}	0.23	0.32	0.30	0.16	0.12	-0.23	-0.34	0.88	0.50	1		
O	0.14	0.16	0.33	-0.33	-0.12	0.28	-0.05	-0.02	-0.48	-0.05	1	
F	0.24	0.05	-0.11	0.42	0.39	0.01	0.04	-0.10	-0.04	-0.30	-0.21	1

Обращает на себя внимание, что связь характеристик летне-осеннего стока с лесистостью и заболоченностью является обратной, коэффициенты корреляции имеют отрицательный знак, т.е. с увеличением заболоченности заселенности происходит уменьшение модулей стока летне-осеннего сезона, как среднего, так и минимального. Такие же результаты получены для рек Полесской низменности [1].

Таким образом, оценка влияния комплекса физико-географических факторов на формирование летне-осеннего стока методом множественной линейной корреляции показала, что в процессах формирования сезонного стока ощутимо сказываются такие факторы:

- а) норма годового стока, которая принята в качестве показателя увлажненности водосбора;
- б) коэффициент естественной зарегулированности, интегрально учитывающий условия подстилающей поверхности;

в) глубина вреза русла, характеризующая гидрологические условия бассейна. Чем больше глубины вреза русла, тем большая величина водоотдачи в русла рек. Глубина вреза до створа определялась как разница между средней высотой водосбора и средней отметкой дна реки.

В пределах бассейна Припяти выделено 5 гидрологических районов: на территории части бассейна — Припятский и Центрально-Березинский районы, включающие северные притоки Припяти; на украинской части бассейна – Западнополесский, Восточнополесский и Волынские районы. Для каждого выделенного района условия формирования речного стока отличаются своими особенностями, неоднородны условия подстилающей поверхности.

Однако физическим обоснованием этого явления может служить то, что привлеченные к анализу условий формирования летне-осеннего стока такие факторы, как норма стока и коэффициент естественной зарегулированности по существу отражают комплексные условия территории. Норма годового стока является зональной характеристикой. Величина ее определяется водным балансом водосбора.

Как показали исследования, коэффициент естественной зарегулированности находится в прямой зависимости от факторов подстилающей поверхности. Коэффициент корреляции R с величиной водосборной площади, средневзвешенным уклоном, озерностью, лесистостью, заболоченностью, с закарстованностью, распаханностью водосбор адовольно высок. Коэффициент естественной зарегулированности определяется этими факторами. Новсе эти факторы так же являются существенными и при формировани и летне-осеннего стока. Поэтому не случайно коэффициент корреляции летне-осеннего стока с этим комплексным показателем, характеризующим перераспределение влаги в бассейне имеет высокую величину.

Общий коэффициент корреляции равен: для среднего стока за сезон $0,87 \pm 0,03$; для минимального среднего месячного $0,92 \pm 0,02$.

Вычисление определителя корреляционной матрицы производилось по методу Гаусса, основы которого изложены в работе [2].

Корреляционные уравнения, связывающие характеристики летне-осеннего стока с расчетными факторами после соответствующих преобразований имеет следующий вид:

$$y_1 = 0,38x + 3,43\varphi + 0,006h - 2,59. (1)$$

$$y_2 = 0.51x + 2,61\varphi + 0,0021h - 1,42. (2)$$

Следует отметить, что сток летне-осеннего сезона прежде всего определяется двумя первыми переменными (годовой модуль стока и коэффициент естественной зарегулированности). Влияние глубины вреза весьма не значительно. Коэффициент множественной корреляции при исключении этой переменной уменьшается очень незначительно, величина его минимального среднемесячного стока составляет $0,91$.

Таким образом, включение в расчетную формулу дополнительной переменной (глубина вреза русла) невносит существенного уточнения и почти не меняет коэффициента множественной корреляции, но значительно усложняет расчеты. Тем более, что погрешность расчета глубины в резару сладо вольно высока и сопряжена с трудоемкими работами по расчетам средней высоты водосбора и отметки дна реки.

Уравнения множественной регрессии после исключения этого аргумента примет следующий вид:

$$y_1 = 0,37x + 4,10\varphi - 2,73. (3)$$

$$y_2 = 0.50x + 2,92\varphi - 1,48. (4)$$

Сопоставление расчетных величин, полученных по формулам (1) и (2) с фактическими данными по 65 водосборам, использованным при установлении корреляционных уравнений дает, как правило, удовлетворительные результаты. В табл. 2 дана оценка точности расчета для проверочного ряда, т. е. для всех створов, принятых при анализе. Погрешность расчета составляет в среднем для среднего сезонного 12% и 18% для мниимального стока. В подавляющем большинстве случаев ($60-70\%$) отклонения расчетных величин лежат в пределах $0-15\%$. Лишь в 7 и 11% случаев отклонения превышает 30% .

Анализ материалов по этим водосборам показал, что для них норма стока, а также остальные аргументы, использованные в корреляционной зависимости, получены по тем или иным причинам с пониженной точностью.

Таблица 2 – Отклонение расчетных расходов летне-осеннего стока от наблюдаемых величин

Отклонения, в %	Число случаев			
	Средний за сезон		Минимальный за сезон	
	частота	в процентах	частота	в процентах
0-5	24	37	19	29
6-10	16	24	13	20
11-15	8	12	6	9
16-20	7	11	9	14
21-25	2	3	6	9
26-30	4	6	2	3
31-50	3	5	3	5
более 50	1	2	7	11

Погрешности расчета по уравнениям (3) и (4) имеют аналогичный характер. Это еще раз убеждает, что включение в корреляционную связь дополнительной переменной (глубина вреза) не позволяет получить более точной расчетной зависимости.

Список использованных источников

1. Артемьева Н.П. Анализ и расчет минимального стока статистическими методами (на примере рек Полексской низменности). Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук. Л., 1975, 26 с.
2. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. Л., Гидрометеиздат, 1974, 424 с.

УДК 502.5

А. В. Бурмакова, В. В. Смелов
БГТУ, г. Минск

ОПИСАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙНОГО ПРОЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ

Математическая модель содержит формулы вычисления для прогноза различных аварийных ситуаций. Существует множество математических моделей, которые позволяют рассчитать последствия загрязнения водных объектов, загрязнения атмосферы в результате испарения нефтепродуктов, отдельных частей геологической среды и другие. Уникальностью данной модели является то, что она содержит формулы и методы решений не только отдельного слоя геологической среды, а включает в себя поверхностный слой, грунтовый и почвенный слой, а также рассчитывает последствия аварии в грунтовых водах и распространения загрязнения с ними.

Исходными для математической модели прогнозирования (ММП) являются следующие данные.

1. Географические координаты центра пролива, объем и тип (бензин, керосин, сырая нефть и пр.) пролитого нефтепродукта (НП).
2. Данные о физико-химических свойствах нефтепродуктов.
3. Данные о свойствах грунтов.
4. Картографическая информация: рельеф местности, глубина залегания грунтовых вод, мощность грунтового и почвенного слоя, коэффициенты задержки НП в грунте и почве.
5. Тип пролива нефтепродукта.

Загрязнение нефтепродуктами может произойти в результате следующих типов пролива:

1) наземного пролива нефтепродуктов (потеря нефтепродуктов при транспортировке с места добычи нефти, выбросы нефти при бурении скважин, аварии на автозаправочных станциях и прочие);

2) пролива в результате аварии подземного трубопровода (изношенность нефтепровода, незаконные врезки в нефтепроводы и прочие); данный тип пролива подразделяется на подтипы с выходом НП на поверхность и без выхода НП на поверхность;

3) пролива в результате повреждения подземного резервуара с нефтепродуктом, который хранится под землей.

В зависимости от типа аварии сценарий загрязнения геологической среды будет меняться. Соответственно будут меняться вычисления, выполняемые в рамках ММП.

ММП позволяет прогнозировать: площадь и форму наземного пятна загрязнения, массу испарения НП с поверхностного слоя, глубину и скорость проникновения НП в почву и грунт, адсорбированную массу НП в почве и грунте, максимальную концентрацию НП в почве и грунте, максимальную концентрацию нефтепродуктов в грунтовых водах, временной интервал для достижения максимальной концентрации в грунтовых водах, скорость распространения фронта загрязнения с потоком грунтовых вод.

ММП является многоуровневой. На рисунке 1 отображены четыре уровня ММП (нумеруются сверху вниз от 1 до 4).

В таблице 1 перечислены уровни, значения и справочные данные, применяемые для вычислений на каждом уровне ММП.

Поверхностный слой. На первом уровне модели вычисляются следующие значения: масса испарения НП, площадь пятна загрязнения и форма пятна загрязнения. Расчеты для данного слоя выполняются в случае наземного пролива НП и аварии в подземном трубопроводе с выходом НП на поверхность.

Площадь S_1 пятна загрязнения при проливе НП на поверхность вычисляется по следующей формуле:

$$S_1 = V_0 \cdot \chi d_1, \quad (1)$$

Коэффициент растекания нефтепродукта d_1 является справочной величиной и зависит от типа и объема нефтепродукта, типа почвы, а также угла наклона поверхности [3].

При аварии на трубопроводах с выходом на дневную поверхность *площадь S_1 пролива определяется по формуле:*

$$S_1 = 53,3 \times (V_0^{0.89}). \quad (2)$$

Масса M_1 испарившегося нефтепродукта вычисляется по следующей формуле:

$$M_1 = S_1 \cdot \chi q_1(T). \quad (3)$$

Значение $q_1(T)$ зависит от температуры T воздуха и является справочной величиной ($\text{кг}/\text{м}^2$) [4].

Для вычисления *формы пятна загрязнения* применяется эвристический алгоритм, исходными данными для которого являются географические координаты центра, площадь S_1 пролива, а также картографические данные о рельефе поверхности в окрестности центра. Результатом расчета является множество пар (x, y) координат границ пятна загрязнения. Высоты в точках вычисляются методом аппроксимации.

Толщина наземного слоя пролитого нефтепродукта H_1 находится по формуле:

$$H_1 = \frac{V_0}{S_1}. \quad (4)$$

Почвенный слой. На втором уровне модели вычисляются: адсорбированная почвой масса НП, максимально возможная концентрация НП в почве и максимальная глубина проникновения НП в почву.

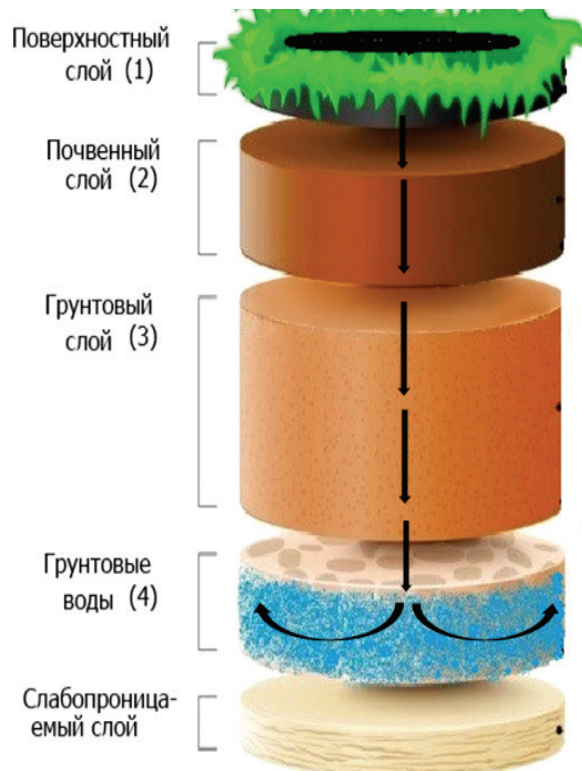


Рисунок 1 – Слои модели прогнозирования последствий пролива нефтепродуктов

Адсорбированная почвой масса M_2 НП вычисляется по следующей формуле:

$$M_2 = S_1 \cdot h_2 \cdot \rho_0 \cdot u_2 \quad (5)$$

Значение u_2 – нефтеемкость почвы, является максимальной возможной концентрацией НП в почве. Нефтеемкость u_2 является справочной величиной [4], также как и средняя плотность НП ρ_0 [5].

Концентрация НП в почве рассчитывается по следующей формуле:

$$C_2 = \begin{cases} \frac{M_2}{h_2 \cdot S_1}, & \text{если } M_2 \geq M_0 - M_1; \\ u_2, & \text{если } M_2 < M_0 - M_1. \end{cases} \quad (6)$$

Максимальная глубина проникновения H_2 НП в почву вычисляется следующим образом:

$$H_2 = h_2 \cdot \frac{M_0 - M_1}{M_2} \quad (7)$$

Грунтовый слой. На третьем уровне модели вычисляются: скорость вертикального проникновения НП в грунт, адсорбированная грунтом масса НП, максимальная глубина проникновения НП в грунт, максимальная концентрация НП в грунте.

Если произошла авария в подземном нефтепроводе без выхода на поверхностный слой или в подземном резервуаре, то расчет ММП начинается с грунтового слоя.

Скорость вертикального проникновения v_3 НП в грунт вычисляется по следующей формуле:

$$v_3 = \frac{k_B}{r_3} \quad (8)$$

Таблица 1 – Значения, вычисляемые в ММП

№	Уровни модели	Величины		
		обозначение	ед. измерения	Наименование
0.	Исходные данные	V_0	(м ³)	объем пролитого НП
		ρ_0	(кг/м ³)	плотность НП
		M_0	(кг)	масса пролитого НП
		δ_0	(кг/с ²)	коэффициент поверхностного натяжения НП
1.	Поверхностный слой	S_1	(м ²)	площадь пятна загрязнения
		d_1	(м ⁻¹)	коэффициент растекания НП
		K_1	(м ⁻¹)	эмпирический коэффициент
		M_1	(кг)	масса испарившегося нефтепродукта
		$q_1(T)$	(кг/м ²)	удельная величина выбросов нефтепродукта
		H_1	(м)	толщина наземного слоя пролитого нефтепродукта
2.	Почвенный слой	M_2	(кг)	адсорбированная почвой масса НП
		h_2	(м)	средняя высота почвенного слоя
		C_2	-	концентрация загрязнения в почве
		u_2	-	нефтеемкость почвы
		H_2	(м)	максимальная глубина проникновения НП в почву
3.	Грунтовый слой	v_3	(м/с)	скорость вертикального проникновения НП в грунт
		k_B	(м/с)	коэффициент фильтрации воды
		r_3	-	коэффициент задержки НП в грунте
		M_3	(кг)	адсорбированная грунтовым слоем масса НП
		h_3	(м)	мощность слоя грунта
		$h_{рез}$	(м)	глубина залегания подземного нефтепровода
		m_3	-	пористость грунта, (от 0 до 1)
		w_3	-	капиллярная влагоёмкость грунта (от 0 до 1)
		ρ_B	(кг/м ³)	плотность воды
		δ_B	(кг/с ²)	коэффициент поверхностного натяжения воды
		H_3	(м)	максимальная глубина проникновения НП в грунт
		C_3	-	максимальная концентрация НП в грунте
		ρ_3	(кг/м ³)	средняя плотность грунта
		4.	Грунтовые воды	t_4
l_4	(м)			максимальное расстояние распространения фронта загрязнения от центра пролива НП с грунтовыми водами
v_4	(м/с)			горизонтальная скорость распространения фронта загрязнения с грунтовыми водами
h_4	(м)			толщина водоносного слоя, принимается за 1 м.
h'_3	(м)			мощность грунтового слоя в первой точке
h''_3	(м)			мощность грунтового слоя во второй точке
C_4	-			концентрация загрязнения в грунтовых водах

Коэффициент фильтрации воды k_B [6] и коэффициент задержки r_3 НП [7] в грунте являются справочными величинами.

Адсорбированная грунтовым слоем масса M_3 НП рассчитывается по формуле:

$$M_3 = \begin{cases} h_3 \times S_1 \times \rho_B \times m_3 \times w_3 \times \frac{\delta_0}{\delta_B}, & \text{наземный тип аварии;} \\ (h_3 - h_{рез}) \times S_1 \times \rho_B \times m_3 \times w_3 \times \frac{\delta_0}{\delta_B}, & \text{подземный тип аварии.} \end{cases} \quad (9)$$

Плотность воды ρ_B [8], коэффициент поверхностного натяжения НП δ_0 , коэффициент поверхностного натяжения воды δ_B [9], пористость грунта m_3 и капиллярная влагоёмкость грунта w_3 [10] являются справочными величинами.

Максимальная глубина проникновения H_3 НП в грунт зависит от адсорбированной в грунте массы и вычисляется следующим образом, следовательно, концентрация высчитывается используя формулу, или же, приравнивается к мощности грунтового слоя. Вычисляется по следующей формуле:

$$H_3 = \begin{cases} h_3 \times \frac{M_0 - (M_1 + M_2)}{M_3}, M_0 - (M_1 + M_2) \leq M_3; \\ h_3, M_0 - (M_1 + M_2) > M_3; \\ h_3 - h_{\text{рез}}, \text{ подземный тип аварии.} \end{cases} \quad (10)$$

Максимальная концентрация НП C_3 в грунте зависит от адсорбированной в грунте массы, следовательно, концентрация высчитывается используя максимальную глубину проникновения НП в грунт, или же, заменяя ее на мощность грунтового слоя. Вычисляется по следующей формуле:

$$C_3 = \begin{cases} \frac{M_3}{S_1 \times H_3 \times \rho_3}, M_0 - (M_1 + M_2) \leq M_3; \\ \frac{M_3}{S_1 \times h_3 \times \rho_3}, M_0 - (M_1 + M_2) > M_3. \end{cases} \quad (11)$$

Средняя плотность грунта ρ_3 является справочной величиной [11].

Уровень грунтовых вод. На четвертом уровне модели вычисляются: срок достижения максимальной концентрации на границе грунтовых вод, горизонтальная скорость распространения фронта загрязнения с грунтовыми водами, концентрация НП в грунтовых водах, радиус распространения НП с грунтовыми водами.

Временной интервал для максимальной концентрации на уровне грунтовых вод t_4 вычисляется как сумма продолжительности времени полного впитывания НП в почву и времени полного впитывания НП в грунт:

$$t_4 = \begin{cases} \frac{h_2 + h_3}{v^3}, \text{ наземный тип аварии} \\ \frac{h_{\text{рез}}}{v^3}, \text{ подземный тип аварии} \end{cases} \quad (12)$$

Максимальное расстояние распространения фронта загрязнения от центра пролива НП с грунтовыми водами l_4 вычисляется по следующей формуле:

$$l_4 = \frac{M_0 - (M_1 + M_2 + M_3)}{2R \cdot h_4 \cdot m_3 \cdot w_3 \cdot \frac{\delta_0}{\delta_b}} \quad (13)$$

где R – радиус пятна пролива (м).

Горизонтальная скорость распространения v_4 фронта загрязнения с грунтовыми водами вычисляется по следующей формуле:

$$v_4 = \frac{h'_3 - h''_3}{l_4} \cdot \frac{k_b}{r_3} \quad (14)$$

Концентрация загрязнения в грунтовых водах C_4 вычисляется по следующей формуле:

$$C_4 = \frac{M_0 - (M_1 + M_2 + M_3)}{2R \cdot l_4 \cdot h_4} \quad (15)$$

Для оценки адекватности модели проведены испытания на пяти объектах в Беларуси. В качестве объектов были выбраны нефтебазы и автозаправочные станции, на которых были зафиксированы аварийные проливы НП и проведены исследования по замеру концентраций Институтом природопользования. Предварительный анализ полученного с помощью ММП прогноза и результатов измерений показал, что при значительных расхождениях прогнозируемых и измеренных концентраций НП в отдельных точках, в целом прогноз ММП не противоречит общей реальной картине загрязнения. Аналогичные исследования в настоящее время проводятся на двух объектах (нефтепроводы) в Казахстане.

Модель находится в стадии доработки, в дальнейшем планируется ее расширение вводом дополнительной информации.

Работа выполнена в рамках совместного белорусско-казахстанского инновационного проекта «Разработка экспертной системы реабилитации геологической среды, загрязненной нефтепродуктами, на основе принципов самоорганизации для территорий государств-участников СНГ» Межгосударственной программы инновационного сотрудничества государств-участников на период до 2020 г.

Математическая модель является совместной разработкой специалистов Научно-производственного центра по геологии, Института природопользования национальной академии наук Беларуси и Белорусского государственного технологического университета.

Список использованных источников

1. Методика расчета минимальной оснащенности аварийно-спасательных служб (формирований) предназначенных для локализации и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации, на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне Российской Федерации, Приложение 1 к Проекту приказа МЧС Российской Федерации. С. 4–5, 39.

2. Белькова, С. В. Определение ущерба окружающей среде при авариях на магистральных нефтепроводах / С. В. Белькова // Омск: ОмГТУ, 2010. С.14–18.

3. Гольдберг, В. М. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения / В. М. Гольдберг, С. Газда // М.: Недра, 1984. С. 262.

4. Михалева, Т. А. Отчёт о комплексной геолого-гидрогеологической инженерно-геологической съёмке масштаба 1:50 000 для целей мелиорации водосбора рек Илия и Гайна (Плещеницкий участок) / Т. А. Михалева – 1978–1980. Отчет 921.

5. Методика прогнозирования миграции загрязняющих веществ в грунтовых водоносных горизонтах от автозаправочных станций, руководящий документ Республики Беларусь РД РБ 0212.1-98. – Минск, 1998.

6. Вагнер, А. В. Методика прогнозирования объема экологического загрязнения грунтов и грунтовых вод при проливе экологически вредных веществ / А. В. Вагнер, С. К. Бухарин, С. Г. Кочемасов и др. // ИСБ: Экологический вестник России. – № 5. – 2004. С. 45–51.

7. Огняник, Н. С. Основы изучения загрязнения геологической среды легкими нефтепродуктами / Н. С. Огняник, Н. К. Парамонова, А. Л. Брикс и др. – К.: [А.П.Н.], 2006. С. 278: ил. – Тит. л., аннот. парал. Англ.

8. Белоусова, А. П. / Экологическая гидрогеология: учебник для вузов / И. К. Гавич, А. Б. Лисенков, Е. В. Попов // М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. С. 397.

Шляппо, Е. С. / Отчёт о комплексной геолого-гидрогеологической съёмке масштаба 1:50000 инженерно-геологическими исследованиями по водосборам низовьев рек Горыни, Ствиги и Уборти (Средне-Припятский участок) / Е. С. Шляппо, Е. К. Щурок – 1968-1970. Отчет 20.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО РЕКТОРА БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ВОЙТОВА ИГОРЯ ВИТАЛЬЕВИЧА.....	3
ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ	7
<i>Лиштвак И.И., Высоченко А.В., Пахомчик В.Э., Якимович И.Л.</i> Подпрограмма «Ра- циональное природопользование и инновационные технологии глубокой переработ- ки природных ресурсов» ГНТП «Природопользование и экологические риски»: по- лученные результаты и перспективы их внедрения.....	7
<i>Войтов И.В.</i> БГТУ в решении проблем охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.....	12
<i>Войтов И.В., Неверов А.В.</i> Устойчивое природопользование: содержание, механиз- мы и направления развития	15
<i>Карабанов А.К., Томсон А.Э., Камышенко Г.А.</i> Институт природопользования НАН Беларуси в решении проблем охраны окружающей среды и рационального ис- пользования природных ресурсов.....	21
<i>Дубенок С.А., Кулаков А.Ю., Пахомов А.В.</i> Национальные подходы к формированию отдельных показателей для реализации задач цели устойчивого развития 6 в Респуб- лике Беларусь	26
СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ. ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ.....	30
<i>Марицунь В.Н., Белый О.А.</i> Перспективы использования в Республике Беларусь эко- логического и энергетического потенциала отходов сельского хозяйства, пищевой промышленности, очистных сооружений канализации	30
<i>Наркевич А.Л., Карпович О.И., Спиглазов А.В., Кордикова Е.И., Петрушеня А.Ф., Касперович О.М., Калинин А.Н., Кравченко Г.Н.</i> Технология получения транспортной тары на основе полимерсодержащих отходов аккумуляторных батарей	33
<i>Лиштвак И.И., Абрамец А.М., Янута Ю.Г.</i> Гуминовые препараты на основе каусто- биолитов и продуктов их физико-химической переработки для решения проблем охраны окружающей среды	38
<i>Москальчук Л.Н., Леонтьева Т.Г.</i> Промышленные отходы и выбросы ОАО «Бела- рускалий»: источники загрязнения и деградации сельскохозяйственных и лесных экосистем Солигорского и прилегающих районов	43
<i>Щербина Е.О., Фурса Ю.В., Михалевич Р.В., Наркевич И.П.</i> Производство и исполь- зование RDF-топлива в Республике Беларусь	48
<i>Кушнер М.А., Селиверстова Т.С., Ериш Е.А., Улитёнок А.О.</i> Исследование адсорбци- онной активности отходов окорки древесины ольхи.....	54
<i>Войтов И.В., Марицунь В.Н.</i> Совершенствование обращения с осадками очистных со- оружений канализации в Республике Беларусь.....	56
<i>Китиков В.О., Барановский И.В., Вага И.И.</i> Анализ эффективных направлений по- лучения вторичных материальных ресурсов из отходов пластика	60
<i>Кухарчик Т.И., Козыренко М.И., Чернюк В.Д.</i> Разработка рекомендаций по экологи- чески безопасному обращению с химическими веществами, дополнительно вклю- ченными в стокгольмскую конвенцию о СОЗ	64
<i>Цыганкова Н.Г., Савицкая Т.А., Мелеховец Н.А., Бакун С.Н., Гриншпан Д.Д.</i> Новые виды сорбентов, полученных из гидролизного лигнина	69

<i>Ботян Е.А., Дударенко М.П.</i> Нормирование образования отходов	72
<i>Ботян Е.А., Труш Я.В.</i> Методические подходы к определению бромсодержащих СОЗ в сырье, отходах и их воздействие на здоровье человека	78
<i>Ануфриев В.Н., Родькин О.И., Захарко П.Н.</i> Оценка перспектив утилизации осадков сточных вод для получения биотоплива на основе выращивания древесных энергетических культур	84
<i>Гриншпан Д.Д.</i> О будущей экологической программе	88
<i>Леонтьев В.Н., Феськова Е.В., Страх Я. Л., Шимкевич А. М.</i> Поиск эффективных бактерий-деструкторов гербицидов	89
<i>Лихачева А.В.</i> Направления использования альтернативных железосодержащих ресурсов	92
<i>Kastsianevich A.A.</i> Proteinaceous waste resulting from isolation of recombinant human lactoferrin from goat milk as a source of bioactive casein hydrolysates.....	95
<i>Макеенко А.А., Наумова Г.В., Герман Н.А., Шпак С.И.</i> Сравнительная оценка эффективности использования побочных продуктов деструкции торфа, как добавок к формованному древесному топливу	96
<i>Цыганов А.Р., Томсон А.Э., Соколова Т.В., Сосновская Н.Е., Царюк Т.Я., Навоша Ю.Ю., Пехтерева В.С., Фалюшина И.П., Алещенкова З.М.</i> Торф и отходы птице-фабрик в составе композиционного биоудобрения.....	99
<i>Flyurik E.A., Kokhanskaya M.V., Bushkevich N.V., Klintsevich V.N.</i> New vegetable shampoo based on waste production.....	101
ЭКОНОМИКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ, УСТОЙЧИВОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ. УСТОЙЧИВОЕ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ	105
<i>Неверов А.В., Масилевич Н.А., Равино А.В.</i> Экологический капитал: теория и методология воспроизводства	105
<i>Батова Н.Н.</i> Международные экологические индексы: глобальные значения и рейтинговые позиции Беларуси	110
<i>Неверов А.В., Яцухно В.М.</i> Учет ценности экосистемных услуг для обеспечения устойчивого природопользования	115
<i>Ересько М.А., Бурак В.М.</i> Комплексный подход использования и восстановления нарушенных экосистем в местах добычи полезных ископаемых.....	120
<i>Бордок И.В.</i> Полиморфность брусничных как показатель биологического разнообразия экосистем Беларуси	123
<i>Волович П.И., Пименова Ж.Ю.</i> Задачи защитного лесоразведения на эрозионноопасных землях в агроландшафтах Беларуси.....	129
<i>Курзо Б.В., Гайдукевич О.М., Кляуззе И.В.</i> Использование и охрана сапропелевых ресурсов Беларуси	134
<i>Молчан О.В., Скуратович Т.А.</i> Распространение, перспективы ограничения и практического использования инвазивных видов рода череда в Беларуси	138
<i>Яновский А.А.</i> Оперативная оценка запасов пригодной для промышленной заготовки биомассы болотных фитоценозов	142
<i>Ересько М.А., Баутрель Е.В.</i> Экологическое состояние почв Беларуси	145
<i>Бакарикова Ж.В., Коваленко М.К., Кондратьева Т.А.</i> Оценка нулевого фона в районе размещения Белорусской АЭС.....	150
<i>Позняк С.С., Конопелько О.М.</i> Палинологические исследования в практике судебно-ботанической экспертизы	154
<i>Черник М.И.</i> Факторы, определяющие риск воздействия пестицидов на пчел	157
<i>Самусик Е.А., Головатый С.Е.</i> Каталазная и дегидрогеназная активность дерновоподзолистых почв в условиях воздействия выбросов предприятия по производству строительных материалов.....	162
<i>Сосновская Н.Е., Коврик С.И.</i> Природные сорбенты для рекультивации почв, загрязненных ионами тяжелых металлов	166

<i>Цыганов А.Р., Линкевич С.А., Томсон А.Э., Наумова Г.В., Овчинникова Т.Ф., Соколова Т.В., Царюк Т.Я., Жмакова Н.А., Макарова Н.Л., Фалюшина И.П., Makeенко А.А.</i>	170
<i>Сфагновый торф и возможности его использования в составе кормовых добавок.....</i>	
<i>Ракович В.А., Бамбалов Н.Н. Устойчивое использование выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений Березовского района Брестской области</i>	175
<i>Неверов А.В., Половиков А.Ю., Каврус А.И. Формирование системы экологического управления агроландшафтами на основе внедрения технологий органического растениеводства и механизмов лесоаграрной интеграции в контексте реализации интeресов устойчивого развития</i>	181
<i>Неверов А.В., Трич Ю.А. Инновационный фактор ресурсосбережения: содержание, инструменты, оценочный инструментарий</i>	185
<i>Трич Ю.А., Неверов А.В. Стоимостная оценка природопользования и ресурсосбережения в стекольной промышленности</i>	188
<i>Равино А.В., Масилевич Н.А. Оценка предотвращенного вреда хозяйственной деятельности и окружающей среде в контексте экономического обоснования внедрения органического растениеводства</i>	191
<i>Водопьянова Т.П. Экологический, моральный вред и вред, причиненный окружающей среде в Республике Беларусь.....</i>	196
<i>Марчук В.А. Экологическая оценка лесов в системе устойчивого природопользования</i>	200
<i>Карпинская Е.В., Цыганов А.Р. Оценка эффективности природоохранной деятельности в организации</i>	204
<i>Штена А.Г. Переход к циркулярной экономике в условиях устойчивого развития.....</i>	209
<i>Домаш В.И., Иванов О.А., Шарпио Т.П., Грищенко Е.Р., Забрейко С.А. Биохимические аспекты адаптации дикорастущих видов растений к техногенным воздействиям по «Беларуськалий».....</i>	211
ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА	215
<i>Булак И.А., Корнеев В.Н., Гертман Л.Н. Гидроэнергетический потенциал средних и малых рек Беларуси на примере бассейнов рек Западной Двины и Днепра</i>	215
<i>Таратенкова М.А., Волчек А.А. Пространственная изменчивость химического состава речных вод Брестской области</i>	219
<i>Лысенко С.А., Логинов В.Ф. Особенности глобальных и региональных изменений современного климата: возможные причины и последствия.....</i>	224
<i>Лис Л.С. Экологическое состояние территории и оценка уровней заболевания проживающего населения.....</i>	231
<i>Логинов В.Ф., Лысенко С.А., Бровка Ю.А. Пространственно-временные особенности современного изменения глобальной температуры.....</i>	237
<i>Захарова М.Е., Тупицына Н.Б. Проблемы и перспективы использования ГИС-технологий в инвентаризации зеленых насаждений городских территорий</i>	242
<i>Какарека С.В., Круковская О.Ю., Мальчихина А.В. Отчетность о выбросах загрязняющих веществ в рамках обязательств по конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния: методология и результаты.....</i>	246
<i>Мелех Д.В., Наркевич И.П. Расчет выбросов парниковых газов на предприятиях Республики Беларусь</i>	251
<i>Людчик А.М. Климат Беларуси в 21 столетии. Анализ тенденций изменения некоторых метеорологических параметров.....</i>	255
<i>Конькова В.М., Наркевич И.П. Оценка выбросов парниковых газов в секторе «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство».....</i>	258
<i>Бурак В.М., Вавилонская О.Н., Мойсейчик Е.А., Мойсейчик А.Е. Система дистанционного контроля окружающей среды на основе теплообразования в массиве отходов</i>	264
<i>Петлицкий Е.Е., Водейко М.В. Оценка пространственных закономерностей формирования минимальных расходов воды для рек Неманского бассейна</i>	269

<i>Квач Е.Г., Асадчая М.А.</i> Влияние Гродненской ГЭС на гидрологический режим реки Неман (в границах Беларуси)	272
<i>Журавович Л.Н., Квач Е.Г., Асадчая М.А.</i> Наводнения в Беларуси.....	275
<i>Цыганов А.Р., Томсон А.Э., Соколова Т.В., Пехтерева В.С., Орлов А.С., Селянина С.Б., Труфанова М.В., Пономарева Т.И., Ярыгина О.Н., Зубов И.Н.</i> Геоклиматические условия как фактор влияния на формирование органической части верхового торфа	279
<i>Глазачева Г.И., Курлович Т.А.</i> Оценка выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух Брестской области по итогам обработки формы госстатотчетности 1-воздух (Минприроды).....	284
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ.	
ВОДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ.....	291
<i>Цыганов А.Р., Панасюгин А.С., Тиран А.С., Ломоносов В.А.</i> Концентрирование из водных растворов ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} фильтрующими загрузкими, содержащими сталеплавильные шлаки	291
<i>Смелов В.В., М. П. Оношко М.П., Захаров А.А.</i> Экспертная система прогнозирования последствий пролива нефтепродуктов	295
<i>Астраханцев С.Е.</i> Повышение эффективности интегрированного управления водными ресурсами	297
<i>Юхневич Г.Г., Кирей В.А., Мурина Д.А.</i> Седиментационные свойства активного ила аэротенков городских очистных сооружений	301
<i>Войтов И.В., Марицль В.Н.</i> Совершенствование очистных сооружений канализации в контексте экономики замкнутого цикла.....	304
<i>Захарко П.Н., Дубенок С.А., Сушко С.В., Голод Ю.В.</i> Реализация комплекса мероприятий по восстановлению малых водотоков в черте крупных населенных пунктов Республики Беларусь.....	311
<i>Громадская Е.И., Титов К.С. Русина А.О.</i> Инвентаризация водных объектов в Республике Беларусь.....	214
<i>Гертман Л.Н., Станкевич А.П.</i> Оценка воздействия на поверхностные водные объекты особо опасных загрязняющих веществ, поступающих в составе сточных вод предприятий Республики Беларусь.....	319
<i>Гертман Л.Н., Буко И.Ю., Бладыко В.Д., А.Н. Глинская А.Н.</i> Вопросы применения современных информационных технологий при разработке проектов водоохранных зон водных объектов Республики Беларусь.....	323
<i>Корнеев В.Н., Петлицкий Е.Е., Титов К.С., Булак И.А.</i> Результаты оценки изменения гидроморфологических, гидрохимических и гидрологических показателей реки Западный Буг и мероприятия по снижению их негативных последствий.....	327
<i>Корнеев В.Н., Булак И.А.</i> Общая характеристика научного обоснования реестра выпусков сточных вод для оценки воздействия сбросов сточных вод на поверхностные водные объекты	331
<i>Богодяж Е.П., Василенок Е.Л., Пальчех П.В.</i> Мониторинг поверхностных вод в условиях устойчивого развития	328
<i>Игнатенко А.В.</i> Биоаналитический контроль очистки сточных вод на городских очистных сооружениях	339
<i>Гладкая О.К., Павлова О.В.</i> Сорбционная способность хитозана к органическим соединениям.....	342
<i>Шибeka Л.А.</i> Эффективность применения скопа в процессах очистки сточных вод от красящих веществ.....	344
<i>Маркевич Р.М., Гребенчикова И.А., Дубовик О.С., Иванович В.В.</i> Сезонные особенности биологических процессов в биореакторах МОС-2 в осенне-весенний период	347
<i>Дубина А.В., Марицль В.Н.</i> Способ очистки сточных вод производства и применения карбамидо-формальдегидных смол от формальдегида.....	353

<i>Сапон Е.Г., Мариуль В.Н.</i> Извлечение фосфора на очистных сооружениях канализации кальций и магниесодержащими материалами	356
<i>Петлицкий Е.Е., Процко О.И.</i> Зависимость характеристик летне-осеннего стока белорусского Полесья от физико-географических факторов	359
<i>Бурмакова А.В., Смелов В.В.</i> Описание и реализация математической модели прогнозирования последствий аварийного пролива нефтепродуктов	362

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ

научно-практической конференции
«ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ»

В авторской редакции

Подписано в печать 18.07.2019. Формат 60×84¹/₈.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 43,36. Уч.-изд. л. 29,43.
Тираж 90 экз. Заказ

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.