

Природо- пользование

ВЫПУСК 22

Посвящен

80-летию

института



НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ИНСТИТУТ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»

Природо- пользование

Сборник научных трудов

Основан в 1996 г.

Выпуск 22

Посвящен

80-летию

института



МИНСК
«Минсктиппроект»
2012

УДК 504.(476) (082)

Выпуск посвящен 80-летию Института природопользования НАН Беларуси (в прошлом Института торфа). Рассмотрены основные этапы становления и развития института. Приведены обзорно-аналитические статьи по основным направлениям его деятельности. Изложены результаты исследований по химии и физико-химической механике торфа, генезису и ресурсам торфа, сапропеля и других твердых горючих ископаемых, технологиям их переработки и использования. Приведены результаты исследований в области геологии, гидрогеологии и геоэкологии

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

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

РЕДКОЛЛЕГИЯ:

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

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

С О Д Е Р Ж А Н И Е

I. ИНСТИТУТУ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ – 80: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Карабанов А. К., Камышенко Г. А.	Институту природопользования Национальной академии наук Беларусь – 80 лет: основные направления и важнейшие результаты научно-исследовательской деятельности за последнее десятилетие	5
Лиштван И. И.	Становление и развитие Института торфа – Института природопользования Национальной академии наук Беларусь	17
Бамбалов Н. Н.	Краткий исторический очерк становления и развития химии торфа в Беларусь	24
Лиштван И. И.	Коллоидная химия и физико-химическая механика торфа: история развития и современные направления исследований	47
Курзо Б. В., Гайдукевич О. М., Жуков В. К.	Исследования в области генезиса, ресурсов и освоения месторождений сапропеля Беларусь	57
Соколов Г. А., Красноберская О. Г., Симакина И. В., Гаврильчик Н. С.	Научные основы использования в сельском хозяйстве торфа, сапропеля и продуктов их переработки	67
Томсон А. Э., Наумова Г. В.	Окислительно-гидролитическая деструкция торфа – эффективный метод его химической переработки	83
Лиштван И. И., Абрамец А. М., Янuta Ю. Г., Монич Г. С., Першай Н. С., Алейникова В. Н.	Гуминовые вещества торфа: физико-химические свойства и перспективы применения	92
Бровка Г. П., Агутин К. А., Бровка А. Г., Дорожок И. Н., Иванов С. Н., Пяткевич К. В., Романенко И. И.	Методы лабораторного исследования и компьютерного моделирования процессов тепло- и массопереноса, формирования напряженно-деформированного состояния в природных дисперсных средах	97
Лис Л. С., Кунцевич В. Б., Кот Н. А.	Важнейшие работы по технологии и механизации торфяного производства	109
Ракович В. А., Тановицкая Н. И., Смирнова В. В.	Основные итоги и задачи исследований в области сохранения и использования болот и торфяных месторождений Республики Беларусь	115
Логинов В. Ф.	Климатические исследования в институте	123
Хомич В. С., Какарека С. В., Кухарчик Т. И., Струк М. И., Кравчук Л. А., Кадацкая О. В., Савченко С. В., Санец Е. В., Быкова Н. К., Овчарова Е. П., Рыжиков В. А.	Геоэкологические исследования урбанизированных территорий Беларусь	141
Какарека С. В., Кухарчик Т. И.	Источники поступления стойких органических загрязнителей в окружающую среду: опыт выявления и изучения	157

II. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Бамбалов Н. Н.	Тренды педолитогенеза целинных и мелиорированных торфяных почв	165
Хомич В. С., Струк М. И., Лиштван И. И., Логинов В. Ф., Пучило А. В., Шкутов Э. Н., Юргенсон Н. А.	Природно-ресурсное обеспечение социально-экономического развития Припятского Полесья	170
Лиштван И. И., Высоchenko A. B., Пахомчик В. Э., Якимович И. Л.	Государственная научно-техническая программа «Природные ресурсы и окружающая среда»: первые результаты	188

III . ГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЛОГИЯ		
Айзберг Р. Е., Гарецкий Р. Г., Карабанов А. К., Каратаев Г. И., Матвеев А. В., Нечипоренко Л. А., Рылова Т. Б., Савченко И. Е.	Исследования в области геодинамики и палеогеографии в Институте природопользования НАН Беларуси	195
Кудельский А. В.	Подземные воды древней Восточно-Европейской платформы и неоплейстоцен-голоценовая гидрогеология Беларуси	204
IV . БИОСФЕРНОСОВМЕСТИМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ		
Лиштван И. И., Фалюшин П. Л., Дударчик В. М., Крайко В. М.	Качественные показатели горючих сланцев и бурых углей Беларуси и направления их использования	219
Гаврильчик А. П., Лис Л. С., Кунцевич В. Б., Макаренко Т. И., Осипов А. В.	Оценка торфяного фонда Республики Беларусь в связи с актуальными задачами его использования на ближайшую перспективу	229
Наумова Г. В., Томсон А. Э., Жмакова Н. А., Макарова Н. Л., Овчинникова Т. Ф.	Низкомолекулярные фенольные соединения различной химической природы в сфагновом торфе	236
Коврик С. И., Бамбалов Н. Н.	Получение растворимых медь-цинк-гуминовых соединений торфа	242
Степуро М. Ф.	Сезонная динамика потребления и вынос основных элементов питания белокочанной капустой на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве	247
Лиштван И. И., Якимович И. Л.	Торфяные ресурсы и их использование по разработкам Государственной программы «Торф» на 2008–2010 г. и на период до 2020 г.»	252
Хроника		
К 80-летию академика И. И. Лиштвана		258
Юбилей профессора Г. В. Наумовой		260
К 60-летию член-корреспондента А. К. Карабанова		263
К 60-летию со дня рождения В. С. Хомича		265
К 80-летию профессора Н. В. Кислова		267
Памяти доктора технических наук П. Л. Фалюшина		268

I. ИНСТИТУТУ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ – 80: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 001.891

А. К. Карабанов, Г. А. Камышенко

ИНСТИТУТУ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ – 80 ЛЕТ: ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗА ПОСЛЕДНЕЕ ДЕСЯТИЛЕТИЕ

Представлены краткая история развития Института природопользования НАН Беларуси, этапы становления тематики научных исследований в различные периоды его деятельности. Приведены важнейшие результаты научных исследований, полученные в течение последнего десятилетия сотрудниками института, отражена практическая реализация разработок. Изложены ближайшие перспективы развития института.

История становления и развития одного из старейших научно-исследовательских учреждений страны – Института природопользования Национальной академии наук Беларуси, насчитывает 80 лет. Изначально, в 1932 г., научное учреждение было организовано как Институт торфа, тематика исследований которого охватывала физико-химию торфа, разработку технологических основ экологобезопасных методов освоения и использования сырьевых ресурсов (торфа, сапропеля), технологий производства новых продуктов и препаратов топливного, сельскохозяйственного и природоохранного назначения. Полученные в первые годы научные результаты легли в основу развития торфяной отрасли страны [21].

В институте выросла целая плеяда выдающихся ученых, научные труды которых известны не только у нас в стране, но и за ее пределами. Первым директором института в период с 1932 по 1936 г., организатором и вдохновителем научных исследований был профессор Ф. Я. Бахтеев, крупный болотовед-ботаник, ведущий ученый в области добычи и использования торфа в сельском хозяйстве. В разные периоды деятельность института руководили: доктор биологических наук Г. И. Ануфриев (1936–1941 гг.), член-корреспондент АН БССР В. Е. Раковский (1942–1948 гг., 1960–1963 гг.), кандидат технических наук А. Б. Дубов (1948–1952 гг.), член-корреспондент АН БССР П. И. Белькевич (1952–1960 гг.), доктор технических наук Н. С. Панкратов (1963–1973 гг.), доктор технических наук Н. В. Кислов (1987–1990 гг.).

В периоды с 1973 по 1987 г. и с 1990 по 1997 г. институт возглавлял академик, заслуженный деятель науки и техники БССР, лауреат Государственной премии Республики Беларусь, профессор И. И. Лиштван – крупный ученый в области коллоидной химии, физики и химии торфа.

В 1990 г. в связи с необходимостью решения назревших экологических проблем, выражавшиеся в новых взглядах на отношения общества и природы Институт торфа преобразован в Институт проблем использования природных ресурсов и экологии. С этого времени существенно расширилась тематика работ института. При сохранении традиционных исследований в области изучения и использования торфа получили развитие работы эколого-географической направленности, в том числе исследования в области геоэкологии, географии, климатологии, гидроэкологии.

С 1998 по 2008 г. руководство институтом осуществлял академик, лауреат Государственной премии Республики Беларусь, профессор В. Ф. Логинов – известный ученый в области исследования климата и его изменений под влиянием естественных и антропогенных факторов. В тематике института получили развитие исследования по оценке состояния геосистем и их компонентов, математическому и имитационному моделированию функционирования экосистем различного уровня, геоинформационному обеспечению природопользования и др. Важное место заняли вопросы научно-информационного сопровождения ряда международных конвенций. Так, в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 12.06.2007 г. № 271 на Национальную академию наук Беларусь возложено научное обеспечение мероприятий Национального плана по выполнению принятых Республикой Беларусь обязательств по Стокгольмской Конвенции о стойких органических загрязнителях на 2007–2010 гг. и на период до 2028 г. Фактически выполнение этой задачи было поручено институту. Кроме того, ведущими учеными института ежегодно с целью научного сопровождения Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния и Программы наблюдения и

оценки распространения загрязнителей воздуха на большие расстояния в Европе готовятся национальные данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

В 2008 г. на основании Постановления Бюро Президиума Национальной академии наук Беларусь от 19.06.2007 г. № 287 Институт проблем использования природных ресурсов и экологии Национальной академии наук Беларусь переименован в Институт природопользования Национальной академии наук Беларусь. Этому событию предшествовала реорганизация структуры и деятельности института посредством создания двух новых лабораторий из сотрудников Института геохимии и геофизики НАН Беларусь и передача в Институт энергетики НАН Беларусь подразделения по энерготехнологической переработке местных видов топлива.

Институт природопользования в целом сохранил основные направления исследований, характерные для своего предшественника, при этом появились новые направления, связанные с приходом в учреждение группы геологов [14].

Институт природопользования НАН Беларусь возглавил член-корреспондент, профессор А. К. Карабанов, известный ученый в области региональной геологии, геодинамики и палеогеографии.

В настоящее время в структуре института 9 лабораторий, ведутся научные исследования по 3 основным направлениям.

Эколого-географическое направление:

- разработка научных основ природопользования и охраны окружающей среды;
- оценка, прогнозирование и оптимизация антропогенных воздействий на природные комплексы.

В рамках данного направления решаются проблемы изменения климата и адаптации отраслей хозяйства к изменяющимся климатическим условиям, загрязнения окружающей среды различными химическими веществами, оптимизации городской среды, деградации торфяных почв, восстановления болот на выработанных торфяных месторождениях.

Геолого-геодинамическое направление:

- изучение условий формирования и оценка состояния пресных питьевых и минеральных вод;
- изучение геодинамики земной коры и современных геологических процессов на территории Беларусь;
- геоэкологическое обоснование проектирования и размещения особо ответственных сооружений и экологоопасных объектов (АЭС, ГЭС, подземных хранилищ газа, мест захоронения высокотоксичных отходов и др.).

По данному направлению решаются проблемы, связанные с расширением минерально-сырьевой базы страны, использованием гидроминеральных ресурсов, оценкой качества ресурсов подземных вод, радиационного состояния гидросфера зоны влияния Чернобыльской катастрофы, размещения экологоопасных объектов.

Экотехнологическое направление:

- научное обоснование создания ресурсосберегающих технологий добычи, переработки и использования твердых горючих ископаемых; разработка научно-технических основ создания эффективных смазочных и консервационных материалов на основе конечных, промежуточных и побочных продуктов отечественных предприятий по переработке органического сырья.

Решаемые проблемы: создание ресурсосберегающих технологий добычи, переработки и использования твердых горючих ископаемых; разработка технологий изготовления консервационных материалов и нормативно-технической документации для организации их опытно-промышленного производства; разработка технологических основ и нормативно-технической документации для создания опытных и опытно-промышленных производств новых экологобезопасных биологически активных препаратов из природного ископаемого и растительного сырья для растениеводства, производства удобрений и кормов, ветеринарии, бальнеологии и косметики; разработка новых материалов для ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на воде и почве, снижения концентрации токсичных веществ в воздухе животноводческих помещений, мясоперерабатывающих предприятий, в почвенных объектах, разработка новых технических решений их использования, наработка опытно-промышленных партий препаратов и материалов.

Институт отличается высоким уровнем кадрового потенциала. В кадровом составе 144 исследователя, из них 5 академиков, 3 члена-корреспондента, 9 докторов наук, 53 кандидата наук; 48,6 % научного состава исследователей обладает учеными степенями, что позволяет осуществлять комплексные научные исследования по крупным проектам, обеспечивать качественное решение сложных экологических проблем, реализовывать практическое освоение результатов фундаментальных исследований, вести подготовку научных кадров высшей квалификации.

Гордостью и достоянием коллектива являются научные школы, сформированные и развивающиеся выдающимися учеными института. Прежде всего, это школы, возглавляемые академиком И. И. Лиштваном: «Физико-химия и физико-химическая механика природных дисперсных систем» и «Химия и химическая технология твердого топлива». В настоящее время лидерами данных направлений являются доктора технических наук Г. В. Наумова, Г. П. Бровка, кандидат химических наук А. Э. Томсон и др. На основании исследований закономерностей и особенностей состава и физико-химических свойств органогенных ископаемых (торфа, сапропелей, горючих сланцев, бурого угля) созданы и будут создаваться новые ресурсосберегающие технологии переработки и использования твердых горючих ископаемых в топливно-энергетическом комплексе,

сельском хозяйстве, химических производствах, медицине и охране окружающей среды.

Научная школа академика Н. Н. Бамбалова «Биогеохимия болот и торфяных месторождений» занимает лидирующие позиции в изучении болотных экосистем. В прикладном аспекте этой школой разрабатываются мероприятия по реабилитации территорий, выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений. Действия белорусских ученых в этом направлении поддержаны международным сообществом, признавшим целесообразным распространить положительный опыт Беларуси по восстановлению нарушенных болот в России, Украине, Польше и прибалтийских государствах.

К вышеупомянутой школе вплотную приымкает научная школа «Сапропели: технологии добычи, переработки и комплексное использование», возглавляемая доктором технических наук Б. В. Курзо. В рамках проводимых в данном направлении исследований разработаны и внедрены экологобезопасная ковшово-элеваторная и ресурсосберегающая канатно-скреперная технологии разработки сапропелевых залежей, ведутся работы по внедрению в практику сапропелевой кормовой добавки, предлагаются методы повышения эффективности торфяных и сапропелевых лечебных грязей.

Важнейшее место в деятельности института занимают исследования, развиваемые эколого-географической школой, возглавляемой академиком В. Ф. Логиновым. Лидирующие позиции в решении геоэкологических проблем принадлежат докторам географических наук В. С. Хомичу и Т. И. Кухарчик, доктору технических наук С. В. Какарека. Полученные результаты исследований использованы при разработке Концепции Национальной безопасности Республики Беларусь, Государственной климатической программы, послужили основой для создания системы информирования пользователей о состоянии природной среды Беларуси (совместно с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь издается ежегодный экологический бюллетень «Состояние природной среды Беларусь»). Эколого-географическая научная школа развивается и пополняется за счет молодых высококвалифицированных кадров: за последние 10 лет в рамках школы защищены 4 докторские и 10 кандидатских диссертаций.

Лидерами геологической научной школы, изучающей геодинамику земной коры и современные геологические процессы на территории Беларуси, являются известные ученые-геологи академики Р. Г. Гарецкий, А. В. Матвеев, члены-корреспонденты А. К. Карабанов, Р. Е. Айзберг, А. В. Кудельский, доктора геолого-минералогических наук Г. И. Каратаев, Т. Б. Рылова. Работы геологической направленности отличаются не только фундаментальностью, но и высокой практической значимостью. Результаты исследований использованы при проведении геолого-съемочных и геологоразведочных работ, составле-

нии серии геолого-геофизических профилей и специальных карт по территории конкурентных пунктов и площадок возможного строительства АЭС, перспективны для оценки новейшей и современной тектонической активности разрывных нарушений в связи с задачами обеспечения безопасной эксплуатации и планирования горных работ. Гидрологические исследования сыграли важную роль в объективной оценке радиационного состояния природных вод Беларуси после Чернобыльской катастрофы. В настоящее время ведутся актуальные для экономики страны работы по оценке состояния и определения направлений поисково-разведочных работ на нефть в западной части Припятского прогиба.

Заметный вклад в развитие основных направлений института оставили ушедшие из жизни член-корреспондент А. А. Терентьев, доктора технических наук А. П. Гаврильчик, П. Л. Фалюшин, доктор географических наук Г. И. Сачок, кандидаты технических наук Л. П. Майко, Т. П. Смычник и др.

Наличие в институте известных в стране и за ее пределами научных школ свидетельствует о высоком профессионализме исследователей и соответствии выполняемых научно-исследовательских работ мировому и лучшему отечественному уровню.

Остановимся на анализе важнейших научных результатов, полученных сотрудниками института в последнее десятилетие.

В 2001–2005 гг. фундаментальные исследования в институте выполнялись по приоритетным направлениям: «Теоретические основы функционирования и оптимизации геосистем»; «Физико-химия и генезис твердых горючих иско-паемых и проблемы их комплексной переработки». Институт являлся головной организацией государственной программы фундаментальных исследований «Природные ресурсы и ландшафты» (2001–2003 гг.), трансформированной в 2003 г. в государственную программу ориентированных фундаментальных исследований «Экологобезопасное использование природных комплексов» путем объединения близких по решаемым задачам заданий и ликвидации ряда проектов, не соответствующих установленным требованиям.

Прикладные исследования выполнялись в рамках государственных научно-технических программ «Экологическая безопасность», «Химические технологии и производства», «Ресурсосбережение», «Защита поверхности» и др.

К важнейшим результатам исследований, полученным в начале 2000-х гг., можно отнести следующие.

- Установлены закономерности взаимодействия техногенных и природных процессов на территории городов и в зонах их влияния. Построены серии крупномасштабных карт состояния городской среды и ореолов рассеяния загрязняющих веществ, использующихся при разработке территориальных комплексных схем ох-

раны природы, оптимизации и организации геотехнических систем.

- Разработана методика оценки и картографирования состояния и структурной устойчивости зеленых насаждений городов, учитывающая ландшафтно-экологические особенности урбанизированных территорий (функциональное использование, ландшафтные условия, тип насаждений, породный состав и возраст посадок) и предназначенная для методического обеспечения комплексных геоэкологических исследований, оценки и картографирования состояния и устойчивости зеленых насаждений для выявления конфликтных экологических ситуаций, решения вопросов экологически оптимальной организации и реабилитации городских территорий [42, 44].

- Завершены работы по созданию комплекса имитационных моделей для оценки антропогенного воздействия на геоэкосистемы, включающего информационно-моделирующую систему «Биогеоценотическое разнообразие Беларуси», а также блок краткосрочного прогнозирования состояния водных экосистем [10, 33].

- Определены пространственно-временные закономерности колебаний климата в связи с воздействием естественных и антропогенных факторов на территории Беларуси [25].

- Выполнена оценка потенциального воздействия климатических изменений на различные отрасли народного хозяйства, а также их уязвимости и адаптации к изменению климата. Проведена национальная инвентаризация источников и стоков парниковых газов. Материалы исследований включены в Первое национальное сообщение Республики Беларусь по изменению климата [32].

- Проведена оценка экологического состояния территории страны, позволившая выявить региональные экологические проблемы и факторы, их обусловившие, определить приоритетные меры по экологической оптимизации природопользования [20].

- Разработан прогноз изменения состояния окружающей природной среды Беларуси на 2010–2020 гг. для использования органами государственного управления и учреждениями Министерства природных ресурсов и охраны окружающей Республики Беларусь [26].

- Разработаны научное обоснование биосферно-совместимого использования выработанных торфяных месторождений и Национальная стратегия в области использования, восстановления и охраны болот Беларуси [3, 4].

- На основе теории и методов направленного преобразования структуры и тепломассообменных процессов в органогенных средах разработано программное обеспечение для моделирования процессов распространения минеральных водорастворимых соединений в природной среде с учетом вертикальной и горизонтальной миграций и поверхностного стока.

- Установлены особенности селективной сорбции тяжелых металлов фракциями гуминовых

кислот торфа. Показано, что максимальной сорбционной активностью обладают карбоксильные группы алифатических фрагментов гуминовых кислот, несколько менее активны карбоксильные группы ароматических структур и еще менее активны спиртовые гидроксины. Обоснованы технологические принципы процесса производства гуминовых кислот с заданными коллоидно-химическими свойствами [23].

- Показано, что регулирование свойств сорбционных материалов на основе торфа может эффективно осуществляться путем создания композиций с органоминеральными и минеральными добавками, что обеспечивает протекание процессов химического взаимодействия в структуре материала. Установлены закономерности формирования эффективных по сорбционным характеристикам композиций, предназначенных для очистки жидких и воздушных сред. Создана установка по производству таких материалов, выпущены опытные партии, использованные с положительными результатами на Дзержинской бройлерной птицефабрике, Минском и Гродненском мясокомбинатах [38].

- Установлены закономерности физико-химической модификации органического вещества торфа и растительной биомассы, обеспечивающей протекание процессов меланоидинообразования. Исследованы особенности воздействия меланоидинов и гуминовых веществ на процессы роста растений. Научно обоснован механизм и разработана технология получения биологически активных препаратов ростостимулирующего действия на основе отдельных видов гемицеллюлоз и гумусодержащего сырья.

- Установлен комплекс биохимических и физико-химических приемов модификации органического вещества каустобиолитов (торфа, сапропеля, бурого угля), обеспечивающих его активацию в биологически активное состояние. На этой основе разработаны рецептуры удобрительных составов и мелиорирующих смесей многоцелевого назначения.

- Обоснованы конструктивные особенности и принципы работы канатного скрепера для добычи сапропеля из малых озер и на торфоучастках. Выполнено технико-экономическое обоснование показателей добычи сапропелевого сырья с помощью разработанной технологии и получения продукции из сапропеля, в том числе новых видов [18].

- Исследованы физико-химические свойства и защитная эффективность альтернативных и товарных компонентов, пригодных для использования в маслорастворимых ингибиторах коррозии и консервационных материалах для защиты техники. Установлены факторы, обеспечивающие необходимые эксплуатационные свойства разрабатываемого ассортимента консервационных масел, смазок и защитных тонкопленочных покрытий на основе отечественного сырья [9].

Следует отметить вклад института в развитие и формирование новых отраслей националь-

ной экономики. Усилиями сотрудников института созданы новые отрасли промышленности страны:

- производство консервационных смазок, масел, пленкообразующих составов и ингибиторов коррозии, обеспечивающих потребность республики и импорт за рубеж – в Российскую Федерацию, Украину;
- крупномасштабный выпуск ростостимулирующих биологически активных препаратов для дачных, приусадебных и фермерских хозяйств.

В 2006–2010 гг. выполнялись исследовательские работы по приоритетным направлениям научно-технической деятельности «Экология и рациональное природопользование» и «Технологии производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции» в рамках Государственных комплексных целевых научно-технических программ (ГКЦНТП) «Природопользование», «Развитие села», «Энергетика», «Химические продукты и технологии», «Материалы» и «Технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

• Выполнено обобщение по проблемам изменений глобального и регионального климата (на примере Беларуси, Украины и России) с детальным анализом внешних и внутренних факторов климатических изменений. Предложены стратегия и адаптационные меры по уменьшению антропогенного воздействия на климат. Полученные результаты использованы при разработке Государственной климатической программы и Концепции национальной безопасности Республики Беларусь [257, 28].

• Впервые построена модель урожайности, обобщающая обширную статистическую информацию о территориально-временных особенностях изменчивости продуктивности комплекса основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в Беларуси [34].

• Разработаны методические подходы к комплексной оценке состояния окружающей среды в городах для целей крупномасштабного картографирования и пространственного анализа экологической ситуации на городских территориях, что позволило выполнить комплексную оценку и провести зонирование территории ряда городов Беларуси по напряженности экологической ситуации. Результаты положены в основу «Схемы охраны окружающей среды г. Минска и Минского района», определяющей формирование градостроительной и экологической политики города на ближайшую и отдаленную перспективы. Разработаны и внедрены рекомендации по организации ландшафтно-рекреационных комплексов в городах, эколого-сбалансированному природопользованию в проблемных регионах страны и др. [37, 43].

• Разработаны нормативно-методическая база в Беларуси по экологически безопасному обращению с полихлорированными бифенилами и Национальный план выполнения обязательств по Стокгольмской конвенции о стойких органи-

ческих загрязнителях [19]. Получены новые знания об источниках воздействия, уровнях и трендах техногенных нагрузок, пространственном распределении выбросов загрязняющих веществ, а также об уровнях и опасности загрязнения природных компонентов [12].

• Разработаны и реализуются в натурных условиях научные обоснования экологической реабилитации нарушенных болот, что способствует снижению количества торфяных пожаров, восстановлению местообитания болотных птиц и других животных, возрождению ценных видов болотной растительности. С использованием средств Глобального экологического фонда восстановлены 29 тыс. га нарушенных болот.

• С участием сотрудников института разработаны Стратегия осуществления Республикой Беларусь Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием/деградацией земель и Национальная программа по борьбе с деградацией земель [5, 28].

• Результаты сейсмотектонических, гидро-геологических и геоэкологических исследований на трех площадках возможного размещения АЭС явились составной частью комплексных изысканий для обоснования выбора промплощадки для размещения АЭС и позволили оценить воздействие АЭС на окружающую среду [1, 17].

Комплексные исследования по оценке состояния и использованию торфяных и сапропелевых ресурсов и их химической переработке выявили потенциальные возможности и широкую перспективу использования торфа в различных отраслях производства. Достижения в области изучения свойств, разработки технологий добычи и переработки торфа, сапропеля и других полезных ископаемых позволили ставить и решать задачи по созданию технологических основ производства новых материалов и препаратов на их основе для использования в сельском хозяйстве, топливной энергетике, химико-технологическом, природоохранном, бальнеологическом и медицинском направлениях [39].

По разработкам института на основе созданных и внедренных передовых технологий производится и реализуется новая и усовершенствованная народно-хозяйственная продукция (биологически активные вещества для нужд сельского хозяйства, смазки для нужд строительства и промышленности), способствующие повышению эффективности работы реального сектора экономики страны. Объем произведенной по разработкам института на предприятиях страны новой высокотехнологичной продукции в 2006–2010 гг. составил 95,0 млрд руб.

Разработаны составы новых жидких гуминовых удобрений с микроэлементами «ЭлеГум», технические условия, технологический регламент производства и рекомендации по их применению [35]. Четыре марки разработанных удобрений внесены в Государственный Реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь для их использования в агропро-

мышленном комплексе и личных подсобных хозяйствах. На ОАО «Зеленоборское» Смолевичского района организовано производство данных удобрений (выпуск продукции около 10,0 тыс. т в год). На этом же предприятии освоена разработанная специалистами института технология производства биологически активных торфяных горшочков (выпуск 7 млн шт. в год).

Для ОАО «Завод горного воска» концерна «Белнефтехим» созданы технологии получения: антиадгезионной смазки «Бетол-01» для металлических форм, используемой при производстве всех видов изделий из ячеистого бетона (в 2007–2010 гг. произведено 1,6 тыс. т смазки на сумму 3,2 млрд руб.), что позволило предприятиям строительной отрасли отказаться от покупки импортных смазок; канатной смазки типа КС-У (в 2008–2010 гг. произведено и экспортировано на сталеканатные заводы России и Украины на сумму 4,2 млн долл. США).

Для ЧПУП «Червень-Агр» разработана и освоена технология производства на основе торфа консерванта влажного плющеного зерна «Гумоплюс» (выпуск продукции – 100 т в год); отработана технология и налажена организация производства гуминового препарата «Гидрогумат» как биологически активной добавки к минеральным удобрениям.

Разработана технология и освоено на ОАО «Минскоблагосервис» производство гуматсодержащей биологически активной кормовой добавки с селеном и йодом для птицы «Гумосил» (выпуск продукции – 70 т в год) и гуматсодержащего микроудобрения «МАГ-кукуруза» (выпуск продукции – 28 т в год).

Для ОАО «ГродноАзот» совместно с РУП «Институт агрохимии и почвоведения» разработана технология производства гуматсодержащей биологически активной добавки к минеральным удобрениям «Карбамид с гуматами» (в 2006–2010 гг. выпуск продукции составил 238,5 тыс. т).

Доработана технология производства препарата «Оксигумат» применительно к оборудованию промышленной установки ООО «Фермент», разработана и передана заказчику нормативно-техническая документация на препарат и его производство. Государственной химической комиссией Республики Беларусь проведена регистрация «Оксигумата» как регулятора роста с расширением перечня сельскохозяйственных культур, при выращивании которых разрешено использование «Оксигумата» в качестве регулятора роста, в том числе в качестве товара народного потребления в частном секторе.

Получен сложнопрофильный биозоктестильный материал «Геомат», перспективный для использования в дорожном (крепление откосов) и жилищном строительстве, для улучшения комфортных условий содержания сельскохозяйственных животных и птицы и т. п.

Обоснованы предложения по освоению и промышленному использованию месторождений

железных руд и редких металлов, пресных и минеральных подземных вод, а также по вовлечению местных горючих ископаемых (бурого угля, горючих сланцев) в энергетику с целью обеспечения 25 %-го топливного баланса страны за счет местных источников.

Разработана и изготовлена экспериментальная лабораторная установка по термохимической переработке твердых горючих ископаемых (бурых углей, горючих сланцев), композитных горючих органических отходов на основе торфа, отходов переработки пластмасс для получения газообразных (синтез-газа, горючего газа) и высококалорийных твердых и жидких видов топлива. Впервые в Беларуси из растительных отходов (солома ржи, льнокостра) методом пиролиза в установке с подвижным слоем получен горючий газ с содержанием синтез-газа ($\text{CO} + \text{H}_2$), превышающим 90 %, который в дальнейшем может быть использован в качестве сырья для получения жидких моторных топлив либо химических продуктов (метанола, эфиров). Предложен способ утилизации полимерных отходов пиролизом торфополимерных смесей в подвижном слое с получением горючих газов с калорийностью порядка 4500 ккал/нм³ с содержанием в смеси 10–15 % полиэтилена. Калорийность пиролизного газа из торфоэтиленовой смеси увеличивается на 30–40 % по сравнению с пиролизом торфа, что дает возможность рассматривать его в качестве потенциального эффективного энергоносителя [22, 23].

Научно-практический интерес вызывают разработанные в институте калориметр для определения фазового состава воды при отрицательных температурах и устройство для определения коэффициентов теплопроводности грунтов. На протяжении последних пяти лет заказчиком и потребителем данных приборов являются научно-изыскательские организации России.

В 2011–2012 гг. научно-исследовательская работа института осуществляется по направлению «Экология, природные ресурсы, ресурсосбережение, рациональное природопользование и защита от чрезвычайных ситуаций». Перечня приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 гг., утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь 19.04.2010 № 585, и п. 8 «Рациональное природопользование, ресурсосбережение и защита от чрезвычайных ситуаций». Перечня приоритетных направлений научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2011–2015 гг., утвержденного Указом Президента Республики Беларусь от 22.07.2010 № 378. Научные исследования ведутся в рамках ГКЦНТП «Природные ресурсы и экология», «Химические технологии», «Архитектура и стройиндустрия», «Информационные и космические технологии».

Приведем важнейшие результаты исследований, полученные за последние два года, от-

крывающие новые возможности научно-технического прогресса.

В области фундаментальных исследований

Выполнено теоретическое обобщение накопленных знаний в области взаимосвязанного переноса тепла, влаги, водорасторимых соединений, а также процессов преобразования структуры в легкодеформируемых природных дисперсных средах, таких как торф, сапропель, органогенные почвы, заторфованные грунты [6].

Теоретически обосновано получение высококалорийных энергоносителей путем пиролиза смесей твердых горючих ископаемых с парафинсодержащими отходами [41].

Разработаны теоретические основы геолого-экономической оценки месторождений полезных ископаемых с целью определения их промышленной ценности и наиболее эффективных и безопасных способов разработки для государственного регулирования отношений недропользования и обеспечения рационального использования минерально-сырьевого потенциала страны [40].

Подготовлена доказательная база и выполнен анализ проблемных вопросов изменений климата в различных пространственно-временных масштабах [29].

Разработана детальная схема динамики растительности в голоцене и в четырех межледниковых интервалах плейстоцена на основе палинологических данных, позволившая выявить сходство по наибольшему числу параметров между борковским теплым интервалом беловежского времени и голоценом. Поскольку голоцен представляет собой незавершенное межледниковье, то в сукцессиях растительности предыдущих межледниковых эпох плейстоцена отражены варианты дальнейшего развития природных процессов, обусловленные глобальными изменениями климата [11].

Создан метод территориальной оценки термических ресурсов Беларуси, позволивший выявить закономерности пространственной динамики тепловых ресурсов республики в периоды устойчивого сохранения среднесуточных температур [15].

Разработаны методы минимизации потерь сельскохозяйственной продукции от низких температур на торфяных почвах.

Разработана концептуальная схема комплексной эколого-географической оценки природно-ресурсного обеспечения устойчивого развития городов, основанная на применении балансового метода в сочетании с географическими моделями организации пространства при определении запасов, экологического состояния и ограничений на использование природных ресурсов (земельных, водных, растительного мира); собран и обработан обширный статистический материал по площади зеленых насаждений, загрязнению вод и почв в их пределах, создающий информационную основу эколого-ресурсной классификации городов Беларуси [16, 36].

Выполнен анализ результатов гидроэкологических исследований, выявивший рост загрязнения подземных вод практически на всех водоизборах г. Минска [30]. Кроме того, установлено, что в результате загрязнения территории Солигорского горно-промышленного района сформировался крупнейший в Беларуси ореол техногенного загрязнения подземных вод площадью более 16 км². Сделан вывод о необходимости совершенствования систем мониторинга за качеством и ресурсами подземных вод на техногенно нагруженных территориях с целью разработки управляющих решений по минимизации гидроэкологических проблем [31].

Выполнено тектоническое районирование фундамента северо-востока Беларуси, реализация которого позволила выявить густую сеть активных на современном этапе линейных структур, а также разрывные нарушения, проявлявшие активность в поздне-среднеплейстоценовое время [7].

Совместно с польскими учеными в рамках международного проекта подготовлена компьютерная 3D-модель геологического строения Августовского канала на отрезке от оз. Сервы до долины р. Неман, представляющая собой синтез всей доступной геологической информации, включающей карты дочетвертичной и современной поверхности, геологические профили, геолого-геофизические разрезы и материалы бурения скважин. Результаты выполненных исследований положены в основу составленных международной группой геологов серии карт, в том числе геологической карты территории, охватывающей северную часть польско-белорусской границы [45].

С участием сотрудников института на территории Беларуси выявлено более 360 культовых и исторических валунов, с которыми связаны легенды, исторические события и др. Выполнено их описание, представлена геологическая характеристика объектов [13].

В области прикладных исследований

Выполнена оценка современного использования выработанных торфяных месторождений Брестской области и отдельных районов Могилевской области, что позволило выявить сельскохозяйственные земли, непригодные для возделывания сельскохозяйственных культур. Разработаны и переданы землеустроительным службам райисполкомов для практического использования рекомендации по изменению направления использования земель с сельскохозяйственного на природоохранное, что позволит получать экономический эффект за счет повышения продуктивности сенокосов.

Оценено современное состояние и изучены особенности торфяного фонда Гродненской области, разработаны предложения по перераспределению торфяных месторождений области по целевым фондам.

Осуществлен ввод в эксплуатацию детально разведенного сотрудниками института месторождения сапропеля «Прибыловичское»

Лельчицкого района Гомельской области, на базе которого ОАО «Лельчицкий агросервис» проектирует линию по выпуску сапропелевой кормовой добавки и питательных грунтов. Добыча сапропеля в 2011 г. составила более 30 тыс. т; экономический эффект от замены минеральных удобрений – 450 млн руб.

В результате экспедиционного обследования территории, подверженной потенциальному воздействию завода по защите от коррозии металлоконструкций методом «горячего оцинкования» в г. Лида, установлено, что содержание кадмия в поверхностных и грунтовых водах превышает ПДК, наблюдается также превышение ПДК по натрию в поверхностных водах и по нитратам в воде из колодцев. По объекту исследования создана компьютерная модель, учитывающая рельеф местности, климатические и гидрологические факторы, характеристики теплово-массопереноса почв и грунтов.

Впервые установлены структурно-геологические и гидродинамические условия формирования напорных градиентов в подземных водах четвертичных отложений района строительства Белорусской АЭС, исследованы основные водоносные горизонты и составлена гидрогеологическая карта их распространения в 30-километровой зоне АЭС.

Охарактеризованы основные показатели геодинамической активности основных блоков земной коры. Показано, что наиболее активными в геодинамическом отношении являются зоны разрывных нарушений, отличающиеся более высокими скоростями вертикальных движений, определенными нарушениями в залегании горизонтов верхней части чехла, газово-geoхимическими аномалиями и аномалиями геофизических полей. Установлено, что центральный блок, на котором будет размещена площадка строительства будущей АЭС, является наиболее устойчивым в геодинамическом отношении [8].

Составлены карты структурного районирования подсолового и межсолевого комплексов Припятского прогиба для решения задач эффективного освоения ресурсов углеводородов (совместно с РУП «ПО «Белоруснефть» и РУП «Белгеология»), на базе которых разрабатываются обновленные модели генерации, аккумуляции и сохранения углеводородов, разнообразные карты прогноза нефтегазоносности, выбора первоочередных объектов для поисково-разведочных работ, обосновываются рекомендации относительно дальнейшего направления геологоразведочных работ на нефть и газ в Припятском нефтегазоносном бассейне [2].

Выполнены прикладные исследования по разработке и освоению технологий получения новых материалов (веществ, препаратов), обладающих импортозамещающим эффектом и способствующих повышению эффективности работы реального сектора экономики страны. Основные важнейшие технологические разработки приведены ниже.

Разработан временный технологический регламент на производство опытных партий композиционного материала на основе торфа для рекультивации нефтезагрязненных земель; наработана опытная партия композиционного материала на основе торфа и микроорганизмов-деструкторов нефти.

Наработан опытный образец биологически активного препарата из бурого угля «Бурогумин», выполнена оценка его физиологической активности на тест-культурах растений. Установлено, что применение препарата способствует повышению всхожести и энергии прорастания семян, ускорению их развития на ранних стадиях онтогенеза, активизирует работу ферментной и гормональной систем клеток вегетирующих растений.

Разработан опытно-промышленный регламент на производство комплексного биологически активного препарата на основе ризосферных бактерий и гуминовых веществ «Гулливер»; отработан технологический процесс получения данного препарата на Бобруйском РУП «Гидролизный завод», на базе которого будет организован выпуск данной продукции. Применение разработанного препарата на овощных фабриках обеспечит выпуск экологически чистой овощной продукции.

Разработана рецептура биологически активной добавки к растительному грунту, включающая регулятор роста растений «Гидромат» и микроэлементы в хелатной форме. Наработан опытный образец ростстимулирующей добавки, изучены ее физико-химические свойства.

На опытно-промышленной установке ЗАО «Белнефтесорб» в п. Червоное Житковичского района Гомельской области выпущена опытная партия кормовой добавки из торфа для применения в птицеводстве. Испытания эффективности использования кормовой добавки «Гумосил» на курах-несушках и цыплятах-бройлерах показали повышение яйценоскости кур и качества яйца и снижение падежа цыплят более чем в 2 раза по сравнению с контролем.

Разработаны опытно-промышленный технологический регламент производства сапропелевых удобрений на Буевском месторождении сапропеля (Лиозненский район) и опытно-промышленный технологический регламент производства материалов для известкования почв из сырья Прибыловичского месторождения сапропеля (Лельчицкий район).

Для нужд промышленности разработана новая в стране технология производства водоэмulsionционной смазки для металлических пресс-форм при литье цветных металлов под давлением «Стесмол-Л», проведены промышленные испытания.

Разработан лабораторный технологический регламент производства антиадгезионной смазки «Бетол-40» и изготовлен ее опытный образец, который с положительными результатами прошел лабораторные и промышленные испытания. Выполнен комплекс экспериментальных ис-

следований по корректировке состава антиадгезионной смазки с целью снижения ее вязкости.

Освоены три новые производственные технологии:

- для предприятий строительной отрасли на ОАО «Завод горного воска» – технология производства антиадгезионной смазки для формования изделий из тяжелого бетона «Бетол-55»;

• для потребностей аграрного сектора экономики на ЧПУП «Червень-АГРО» в опытно-промышленных условиях – технологии производства консерванта влажного плющеного зерна «Гумоплюс» и регулятора роста растений «Гидрогумат».

Следует отметить, что приведенные в статье результаты научных исследований не исчерпывают весь перечень достижений, полученных в последние годы в институте.

Институт осуществляет подготовку научных кадров высшей квалификации в аспирантуре по 5 специальностям: 05.17.07 – химическая технология топлива и высоконергетических веществ (технические науки); 25.02.10 – геотехнология (подземная, открытая и строительная) (технические науки); 25.03.13 – геоэкология (географические и технические науки); 25.03.05 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия (географические науки); 25.03.08 – метеорология, климатология, агрометеорология (географические науки).

В аспирантуре института проходят подготовку 10 аспирантов дневной формы обучения, 8 аспирантов заочной формы обучения, из них 3 готовятся для нужд сторонних организаций (ГУ «Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды» Минприроды, ГПО «Белтопгаз» Министерства энергетики Республики Беларусь, Центра геофизического мониторинга НАН Беларусь). В форме соискательства проходят обучение 2 соискателя ученой степени кандидата наук. Однако в сфере подготовки научных кадров существуют определенные проблемы, основными из которых являются отсутствие конкурса на поступление в аспирантуру, снижение уровня престижа получения высшей научной квалификации.

При институте действуют 2 специализированных Совета по защите диссертаций по перечисленным выше специальностям. С 2001 по 2012 г. сотрудниками института защищено 6 докторских и 20 кандидатских диссертаций.

Научные достижения сотрудников института отмечены рядом наград и премий. Приведем только некоторые из них, полученные в последние годы.

В 2002 г. в связи с 70-летием образования институт награжден:

- Почетной грамотой Национального собрания Республики Беларусь;
- Почетной грамотой Комитета по науке и технологиям при Совете Министров Республики Беларусь;
- Почетной грамотой Министерства энергетики Республики Беларусь;

- Почетной грамотой Президиума НАН Беларуси.

За существенный вклад в развитие природоохранных задач и рациональное использование природных ресурсов Институт природопользования НАН Беларуси награжден Почетной грамотой Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 09.01.2009 № 2-к).

Академикам И. И. Лиштвану и В. Ф. Логинову за значительный научный и практический вклад в охрану природы присвоено звание «Почетный эколог» и вручен одноименный нагрудный знак Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (2010 г.).

Академик В. Ф. Логинов за большой вклад в развитие климатологии и мониторинга окружающей среды, многолетнюю плодотворную научно-организационную деятельность и подготовку кадров награжден Государственной премией Республики Беларусь в области науки (2002 г.), Почетной грамотой Парламентского собрания Союза Беларуси и России (2003 г.), Почетной грамотой Совета Министров Республики Беларусь (2007 г.), медалью Франциска Скорины (2009 г.), удостоен памятной медали «За сотрудничество» за многолетнюю плодотворную работу в Экологическом совете Парламентского Собрания Союза Беларуси и России (2008, 2010 гг.), за образцовое исполнение служебных обязанностей и высокий профессионализм, проявленный при разработке Концепции национальной безопасности Республики Беларусь, награжден Грамотой Государственного секретаря безопасности Республики Беларусь (2010 г.).

Академик И. И. Лиштван удостоен Государственной премии Республики Беларусь в области науки (2002 г.), награжден Почетной грамотой Парламентского собрания Союза Беларуси и России (2003 г.), за значительный вклад в развитие физико-химической механики природных дисперсных систем, физической и коллоидной химии твердых горючих ископаемых, разработку научных подходов рационального природопользования и охраны окружающей среды, многолетнюю плодотворную научно-организационную деятельность и подготовку научных кадров награжден медалью «За трудовые заслуги» (2009 г.).

Доктор географических наук В. С. Хомич за значительный вклад в становление и развитие геоэкологии, изучение городских геосистем и особенностей функционирования природных комплексов в зонах интенсивного техногенного воздействия награжден Почетной грамотой Совета Министров Республики Беларусь (2003 г.).

Член-корреспондент А. В. Кудельский за разработку теории региональной гидрогеологии, формирования и практического использования подземных вод хозяйствственно-питьевого назначения и минеральных вод республики награжден

Почетной грамотой Совета Министров Республики Беларусь (2010 г.).

За заслуги перед белорусской наукой, плодотворную научно-организационную деятельность и подготовку научных кадров награждены Почетными грамотами Президиума Национальной академии наук Беларуси академики Н. Н. Бамбалов (2008 г.), В. Ф. Логинов (2008 г.), А. В. Матвеев (2008 г.), Р. Г. Гарецкий (2008 г.), член-корреспондент Р. Е. Айзберг (2008 г.), доктор технических наук Г. В. Наумова (2012 г.), доктор географических наук В. С. Хомич (2012 г.) и др.

За цикл работ «Исследование гидрологического и климатического режимов территории Беларуси: современное состояние, изменение и прогноз» академик В. Ф. Логинов в соавторстве с доктором географических наук А. А. Волчеком удостоен Премии Национальной академии наук Беларуси 2007 г.

За работу «Сорбционные материалы на основе гуминовых веществ» кандидату технических наук Ю. Г. Янute присуждена Премия Национальной академии наук Беларуси им. В. Ф. Купревича для молодых ученых 2007 г.

За цикл работ «Разломы и линеаменты земной коры Беларуси: теоретические и прикладные аспекты» члену-корреспонденту Р. Е. Айзбергу, члену-корреспонденту А. К. Карабанову и академику А. В. Матвееву присуждена Премия Национальной академии наук Беларуси 2008 г.

Ряд сотрудников института награждены нагрудным знаком «Юбілейны медаль «У гонар

80-годдзя Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі».

В соответствии с потребностями реального сектора экономики изменилась стратегия дальнейшего развития института; 28 апреля 2012 г. Президиумом Национальной академии наук Беларуси принято решение о целесообразности создания в структуре Академии наук на базе Института природопользования государственного научно-производственного объединения «Природопользование», что будет способствовать более полному вовлечению в оборот местных минерально-сырьевых ресурсов (торфа, сапропеля, бурых углей, горючих сланцев, железных руд, редких земель и др.), создаст благоприятные условия для разработки экологосовместимых технологий их освоения и переработки, оценки, прогноза и рационального использования природных ресурсов в различных отраслях экономики (сельском, лесном и водном хозяйствах, курортологии и др.), охраны окружающей среды, обеспечения экологической безопасности страны. Создание научно-производственного объединения позволит сконцентрировать научно-технические ресурсы и обеспечит осуществление полного спектра работ – от фундаментальных и прикладных исследований до опытного и серийного производства по собственным разработкам импортозамещающей и экспортноориентированной продукции с высокой добавленной стоимостью.

Литература

1. **Айзберг, Р. Е.** Сейсмотектоника плит древних платформ в области четвертичного оледенения / Р. Е. Айзберг [и др.]. М., 2009.
2. **Айзберг, Р. Е.** Структурное районирование подсолевых комплексов Припятского нефтегазоносного бассейна / Р. Е. Айзберг, В. Н. Бескопыльный, Я. Г. Грибик // Докл. НАН Беларуси. 2011. Т. 55, № 1. С. 86–90.
3. **Бамбалов, Н. Н.** Биосферносовместимое использование лесных и болотных экосистем (мировые тенденции и опыт Беларуси) / Н. Н. Бамбалов [и др.]. Минск, 2004.
4. **Бамбалов, Н. Н.** Роль болот в биосфере / Н. Н. Бамбалов, В. А. Ракович. Минск, 2005.
5. **Бамбалов, Н. Н.** Стратегия осуществления Республикой Беларусь Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием/деградацией земель и Национальная программа по борьбе с деградацией земель / Н. Н. Бамбалов [и др.]. Минск, 2010.
6. **Бровка, Г. П.** Взаимосвязанные процессы тепло- и массопереноса в природных дисперсных средах / Г. П. Бровка. Минск, 2011.
7. **Гарецкий, Р. Г.** Тектоническое районирование фундамента северо-востока Беларуси / Р. Г. Гарецкий, Г. И. Каратаев // Докл. НАН Беларуси. 2010. Т. 54, № 5. С. 95–99.
8. **Гарецкий, Р. Г.** Тектоно-геодинамическая модель сочленения Фенноскандинавского и Сарматского сегментов Восточно-Европейской платформы / Р. Г. Гарецкий, Г. И. Каратаев // Літасфера. 2011. № 1(34). С. 122–134.
9. **Дробенкова, И. В.** Консервационные масла с альтернативными ингибиторами коррозии / И. В. Дробенкова [и др.] // Природопользование. Минск, 2005. Вып. 11. С. 191–198.
10. **Иконников, В. Ф.** Научные основы оценки, моделирования и прогнозирования состояния лимнических систем Беларуси / В. Ф. Иконников. Минск, 2004.
11. **Зерницкая, В. П.** Stratigraphy of late glacial and holocene deposits of Belarus / В. П. Зерницкая [и др.] // Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Материалы VII Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода. Апатиты, Санкт-Петербург, 2011. С. 218–220.
12. **Какарека, С. В.** Трансграничное загрязнение атмосферного воздуха и его регулирование / С. В. Какарека. Минск, 2009.
13. **Карабанаў, А. К.** Культавыя і гітарычныя валуны Беларусі / А. К. Карабанаў [i нш.]. Минск, 2011.

14. Карабанов, А. К. Основные направления и результаты научной и инновационной деятельности Института природопользования НАН Беларуси в 2008 году / А. К. Карабанов, Г. А. Камышенко // Природопользование. Минск, 2009. Вып. 15. С. 5–11.
15. Коляда, В. В. Оценка термических ресурсов Беларуси методом математико-картографического моделирования / В. В. Коляда // Научно-методическое обеспечение деятельности по охране окружающей среды: проблемы и перспективы : Тр. БелНИЦ «Экология». Минск, 2011. С. 228–237.
16. Кравчук, Л. А. Структурно-функциональная организация ландшафтно-рекреационного комплекса в городах Беларусь / Л. А. Кравчук. Минск, 2011.
17. Кудельский, А. В. Очерки по региональной гидрогеологии Беларуси / А. В. Кудельский. Минск, 2010.
18. Курзо, Б. В. Закономерности формирования и проблемы использования сапропеля / Б. В. Курзо. Минск, 2005.
19. Кухарчик, Т. И. Полихлорированные бифенилы в Беларуси / Т. И. Кухарчик. Минск, 2006.
20. Лис, Л. С. Оценка экологического состояния природно-территориальных комплексов / Л. С. Лис. Минск, 2004.
21. Лис, Л. С. Работы института последних 10-ти лет в области фундаментальных и прикладных исследований / Л. С. Лис // Природопользование. Минск, 2002. Вып. 8. С. 4–12.
22. Лиштван, И. И. Пиролиз бурых углей Бриневского месторождения Республики Беларусь / И. И. Лиштван, П. Л. Фалюшин, В. М. Дударчик // Химия твердого топлива. 2009. № 3. С. 20–25.
23. Лиштван, И. И. Твердые горючие ископаемые Беларуси и их практическое использование / И. И. Лиштван [и др.]. // Химия твердого топлива. 2006. № 1. С. 3–11.
24. Лиштван, И. И. Структура фракций гуминовых кислот торфа / И. И. Лиштван [и др.] // Весці НАНБ. Сер. хім. науок. 2005. № 1. С. 108–113.
25. Логинов, В. Ф. Изменения климата Беларуси и их последствия / В. Ф. Логинов [и др.]; под общ. ред. В. Ф. Логинова. Минск, 2003.
26. Логинов, В. Ф. Прогноз изменения окружающей природной среды Беларуси на 2010–2020 гг. / В. Ф. Логинов [и др.]; под общ. ред. В. Ф. Логинова. Минск, 2004.
27. Логинов, В. Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия / В. Ф. Логинов. Минск, 2008.
28. Логинов, В. Ф. Изменения климата в Беларуси и их последствия для ключевых секторов экономики (сельское, лесное и водное хозяйство) / В. Ф. Логинов. Минск, 2010.
29. Логинов, В. Ф. Радиационные факторы и доказательная база современных изменений климата / В. Ф. Логинов. Минск, 2012.
30. Пашкевич, В. И. Гидрогеохимическая характеристика антропогенного загрязнения подземных вод на водозаборах г. Минска / В. И. Пашкевич, О. В. Васнева // Питьевые подземные воды. Изучение, использование и информационные технологии : Материалы междунар. науч.-практ. конф. М., 2011. Ч. 3. С. 5–16.
31. Пашкевич, В. И. Проблемы качества пресных подземных вод Беларусь / В. И. Пашкевич, А. В. Кудельский // Страгетические проблемы охраны и использования водных ресурсов : Материалы IV-го междунар. водного форума. Минск, 2011. С. 157–161.
32. Первое национальное сообщение в соответствии с обязательствами Республики Беларусь по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата. Минск, 2003.
33. Сачок, Г. И. Биогенный круговорот в геосистемах Беларуси (модельный аспект) / Г. И. Сачок, Г. А. Камышенко. Минск, 2004.
34. Сачок, Г. И. Факторы и модели изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур Беларуси / Г. И. Сачок, Г. А. Камышенко / под ред. В. Ф. Логинова. Минск, 2006.
35. Соколов, Г. А. Применение жидких комплексных гуминовых удобрений с микроэлементами ЭлеГум: рекомендации / Г. А. Соколов [и др.]. Минск, 2009.
36. Струк, М. И. Географические подходы к выделению внешних экологических границ города / М. И. Струк, С. Г. Живнач // Природопользование. Минск, 2011. Вып. 19. С. 96–102.
37. Струк, М. И. Региональные особенности оптимизации окружающей среды Беларуси / М. И. Струк. Минск, 2007.
38. Томсон, А. Э. Кинетика сорбции ионов металлов композиционными системами на основе торфа / А. Э. Томсон [и др.]. // Природопользование. Минск, 2005. Вып. 11. С. 169–173.
39. Томсон, А. Э. Торф и продукты его переработки / А. Э. Томсон, Г. В. Наумова. Минск, 2009.
40. Унукович, А. В. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых Беларусь / А. В. Унукович, Я. И. Аношко / Под ред. А. К. Карабанова. Минск, 2012.
41. Фалюшин, П. Л. Состав смолы термохимического разложения бурых углей Лельчицкого углепроявления / П. Л. Фалюшин [и др.] // Химия, технология органических веществ и биотехнология. Тр. БГТУ. 2011. № 4. С. 114–118.
42. Хомич, В. С. Светлогорск: экологический анализ города / В. С. Хомич [и др.]. Минск, 2002.
43. Хомич, В. С. Состояние окружающей среды и природопользование города Минска / В. С. Хомич [и др.]. Минск, 2007.
44. Хомич, В. С. Экогеохимия городских ландшафтов Беларусь / В. С. Хомич [и др.]. Минск, 2004.
45. Geological map of northern part of Polish-Belarusian cross-border area (1:250 000) / A. Ber, L. Marks, A. K. Karabonov [et al.] // Edited by L. Marks, A. Karabonov. Warszawa, 2011.

Институт природопользования НАН Беларусь

Поступила в редакцию 09.08.2012 г.

А. К. Карабанов, Г. А. Камышенко

**ИНСТИТУТУ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ – 80 ЛЕТ:
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗА ПОСЛЕДНЕЕ ДЕСЯТИЛЕТИЕ**

Представлены краткая история развития Института природопользования НАН Беларуси, этапы становления тематики научных исследований в различные периоды его деятельности, выделены важнейшие решаемые проблемы. Уделено внимание научным школам и их лидерам на современном этапе, представлена информация о подготовке кадров высшей квалификации. Приведены важнейшие результаты научных исследований в области рационального природопользования и недропользования, охраны окружающей среды, создания и развития технологических основ переработки твердых горючих ископаемых, полученные в последнее десятилетие сотрудниками института, отражена практическая реализация разработок. Показаны ближайшие перспективы развития института.

A. K. Karabanov, G. A. Kamyshenko

**INSTITUTE FOR NATURE MANAGEMENT OF
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS – 80-TH ANNIVERSARY:
BASIC DIRECTIONS AND MAJOR RESULTS OF RESEARCH ACTIVITY FOR LAST DECADE**

The brief history of the development of the Institute for Nature Management NAS of Belarus, stages of the formation of subjects of scientific researches in various periods of its activity are presented, the major solved problems are singled out. The attention is paid to scientific schools and their leaders at the present stage, the information on hi-qualified personnel training is presented. The major results of scientific researches in the field of rational nature and bowels management, environment protection, creation and development of technological bases of processing of solid combustible minerals, obtained in last decade by employees of the Institute are provided, practical realization of workings out is shown. The nearest prospects of the institute development are shown.

И. И. Лиштван

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ИНСТИТУТА ТОРФА – ИНСТИТУТА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

Рассмотрены основные этапы становления и развития института, направления научной деятельности.

В этом году отмечается событие большой научной и технической значимости – 80-летний Юбилей Института торфа, преобразованного сначала в Институт проблем использования природных ресурсов и экологии, а затем в Институт природопользования. Его становление и развитие как академического научного учреждения проходило на общем фоне деятельности Академии наук нашей страны. Развитие академии коррелировало с мощным наращиванием производственного потенциала республики, созданием новых отраслей промышленности, радиоэлектроники, приборостроения и др. Бурно развивается торфяная отрасль народного хозяйства в тесном контакте с расцветом этой отрасли в Советском Союзе.

Ведь в ту пору почти 60 % тепловой и электрической энергии вырабатывалось на торфе. Республику называли «Торфяным Донбасом». Строились новые торфопредприятия и крупные теплоэлектростанции на торфе. Институт торфа Академии наук БССР совместно с Белгипроторфом обеспечивал научное сопровождение бурно развивающейся торфяной отрасли, создавая новые технологии и оборудование для добычи и переработки торфа на основе глубокого изучения его физико-технических, химических, агротехнических, биологических свойств.

На общем академическом фоне развивалась и научная деятельность нашего коллектива: до 1990 г. Института торфа, затем Института проблем использования природных ресурсов и экологии, а с 2008 г. – Института природопользования. Мне представляется, как бы ни назывался наш институт, но все же наиболее представительным направлением остается комплексное биосферносовместимое использование твердых горючих ископаемых (торф, сапропели, бурые угли, горючие сланцы) в промышленности, сельском хозяйстве, химической отрасли, охране окружающей среды, хотя по целому ряду причин, порой субъективных, заметным и становятся тенденции принижения актуальности этих исследований.

Наш институт как самостоятельное научное учреждение АН БССР организован 25 декабря 1932 г. на базе торфяного отдела при Институте промышленности БССР. Первым директором института был профессор Федор Яковлевич Бахтеев. К тому времени торф в топливном ба-

лансе республики составлял более 26 %. Работали десятки предприятий по добыче торфа на топливо и для производства генераторного газа.

В 1934 г. в структуре института было уже четыре подразделения: секторы болотоведения и торфодобычи, лаборатории газификации и аналитическая. Основными направлениями работы было изучение торфяных запасов и их ботанической и физико-технической характеристики, создание теории и технологии газификации торфа, технологии торфяного производства и некоторых вопросов переработки торфяных смол.

В апреле 1934 г. состоялась сессия Академии наук БССР по торфу. В Постановлении Совнаркома БССР от 5 июня 1934 г. по докладу «Об итогах сессии Академии наук по торфу» отмечена необходимость расширения научных исследований и изысканий в области улучшения технологических процессов торфодобычи, химической переработки торфа и получения на его основе новых продуктов и материалов.

С 1936 по 1941 г. директором Института торфа АН БССР был доктор биологических наук Геннадий Иванович Ануфриев, ранее занимавшийся изучением болот Кольского полуострова и Ленинградской области и проводивший исследования совместно с В. С. Доктуровским.

В этот период в институте наряду с развитием работ по технологии добычи и переработки торфа большое внимание уделялось изучению торфяных запасов, их ботанической и физико-технической характеристикам. Проводились работы по изучению генезиса и районированию торфяных месторождений. Главным результатом этих работ стало составление кадастра болот восточных областей республики. Начались работы по изучению болот западных областей.

Для дальнейшего развития исследований по отдельным направлениям в Институт торфа из Москвы были приглашены высококвалифицированные специалисты: по вопросам технологии и механизации торфяного производства – И. Г. Блох и В. Г. Горячкин, в 1940 г. избраны член-корреспондентами АН БССР, по проблемам химии и химической переработки торфа – Б. К. Климов, в 1936 г. избран член-корреспондентом АН БССР и В. Е. Раковский, в 1940 г. избран член-корреспондентом АН БССР.

Быстрое развитие торфяной промышленности и науки о торфе потребовало подготовки

инженерно-технических кадров. С этой целью в 1932 г. в Минске создан учебный Торфяной институт, который в 1933 г. вошел в состав Белорусского политехнического института как торфомелиоративный факультет.

Удельный вес торфяного топлива непрерывно растет и в 1937 г. составил 45 % общего топливного баланса, объем добычи достиг 2,5 млн т. Все большее значение приобретает фрезерный, наиболее механизированный способ добычи. В 1940 г. объем добычи торфа достиг 3,3 млн т, и его удельный вес в топливном балансе республики составил 64 %. Началось строительство четырех торфобрикетных заводов общей мощностью около 200 тыс. т.

В конце 1930-х годов в институте проведены исследования по получению и использованию торфяного газа. Создан газогенератор с качающейся колосниковой решеткой к трактору. Проводится большая работа по составлению ТЭО газификации г. Минска и промышленных центров. Следует отметить, что при росте добычи торфа требовалась разработка новых машин и технологических схем механизированной добычи торфа. В связи с этим несколько изменена структура института. Созданы три сектора по изучению торфяного фонда с геоботанической лабораторией; промышленного торфодобыбания с конструкторским бюро; технологии торфа (лаборатории: газификации, технологии торфяных смол, аналитическая).

Такой была структура института до начала войны и в первые послевоенные годы.

Рост объемов добычи торфа обеспечивался внедрением новых машин и способов добычи, сушки и уборки торфа. В этот период построены такие крупные торфопредприятия, как «Осинторф» (Витебская область), «Большевик» (Гомельская область), «Красное Знамя» (Минская область), «Татарка» (Бобруйская область). Большие объемы работ выполнены по сушке торфа в полевых условиях. Проведены исследования по переработке торфа в прессах различных конструкций. Ранее было показано, что торф может быть хорошим органическим удобрением для минеральных почв. В это время для возделывания сельскохозяйственных культур начали использоваться осущенные торфяные месторождения. Начиная с 1937 г. в Институте торфа проводятся в основном все научно-исследовательские работы по торфу и сапропелю.

Среди видов гумифицированного сырья, которым располагает республика, около 20 % приходится на долю сапропелей – донных отложений озер.

Исследования по изучению и практическому использованию сапропелей в республике проводятся с начала 1930-х годов. Совет Народных Комиссаров БССР в 1932 г. принимает специальное постановление «О ходе работ по исследованию сапропелей». Институту дано задание ускорить работы по разведке, технологии добычи и сушки

озерных сапропелей. По просьбе медицинских учреждений республики в 1935–1936 гг. институтом организована специальная экспедиция по выявлению сапропелей для лечебных целей.

Таким образом, за предвоенный период своей деятельности Институт торфа АН БССР внес большой вклад в становление и развитие науки о торфе, что оказало существенное влияние на научно-технический прогресс торфяной отрасли, рациональное использование ресурсов торфа.

Великая Отечественная война 1941–1945 гг. стала суровым и вместе с тем героическим периодом в истории Советского государства. Ученые академии, находившиеся в советском тылу, все свои усилия направляли на решение задач укрепления обороноспособности страны, оказания максимальной помощи Красной Армии.

В марте 1942 г. в Казани состоялась первая в условиях войны сессия Академии наук БССР. Вторая в условиях военного времени сессия академии состоялась в ноябре 1942 г. в Ташкенте. О результатах научно-исследовательской работы белорусских ученых во время войны сообщали в своих докладах академики и члены-корреспонденты АН БССР, и в их числе В. Е. Раковский.

К концу 1943 г. организовано Отделение технических наук, объединившее в своем составе Институт торфа и ряд лабораторий: физико-химии коллоидов, кинетики и катализа, технической физики.

Восстановленный к концу 1942 г. Институт торфа функционировал на базе лабораторий Московского химико-технологического института им. Д. И. Менделеева. Кроме того, ученые института работали в московских научных учреждениях: член-корреспондент АН БССР Б. К. Клинов – в Институте геологии АН СССР, член-корреспонденты АН БССР В. Г. Горячkin и И. Г. Блох – в Московском торфяном институте.

В июле 1944 г. Совнарком БССР утвердил структуру Академии наук БССР в составе трех отделений, восьми институтов и четырех других научных учреждений. В Отделение технических наук входили Институт торфа, Институт химии, Физико-технический институт, водохозяйственный сектор.

В послевоенный период исследования Института торфа значительно расширились и были направлены на изучение генезиса и стратиграфии торфяных и сапропелевых месторождений, химической и механической переработки торфа. В этот период интенсивное развитие получают исследования в области технологии и механизации торфяного производства, создания теоретических основ торфяной механики.

С 1943 по 1948 г. Институт торфа возглавлял член-корреспондент АН БССР Владимир Евгеньевич Раковский – ученый в области химии твердого топлива. В структуру института входили лаборатории торфяных месторождений, техноло-

гии, механизации торфодобычи, механической переработки, добычи торфа для нужд сельского хозяйства, экспериментального проектирования, химической технологии торфяных смол, газификации торфа, сапропелей, торфяного воска, аналитическая лаборатория.

С 1948 по 1952 г. директором института был Аркадий Борисович Дубов. В этот период наряду с расширением работ по технологии и механизации торфяного производства проводились работы по применению торфа в качестве удобрений и использованию торфяных месторождений для возделывания сельскохозяйственных культур.

Исследования в области технологии, механизации и торфяной механики выполнялись под руководством член-корреспондентов АН БССР Ф. А. Олейко, В. Г. Горячина, И. Г. Блоха.

В связи с развитием фрезерного способа добычи проводились работы по изучению микробиологии торфяной залежи и процессов саморазогревания фрезерного торфа.

С целью ускорения внедрения в производство результатов научных разработок в 1949 г. организуется Торфяная опытная станция (ТОС) на базе торфопредприятия «Дукора». Основная ее задача – изготовление и испытание экспериментальных образцов машин и установок по добыче и комплексной переработке торфа и отработка технологий по получению новых продуктов на его основе, а также проведение полевых опытов.

С 1952 по 1960 г. директором института был Петр Илларионович Белькевич, избранный член-корреспондентом АН БССР в 1953 г. В это время продолжались работы по совершенствованию технологии добычи торфа. Исследования в области физической химии торфа, проводимые под руководством П. И. Белькевича, направлены на изучение физико-химических свойств торфа с целью разработки способов его комплексного использования. Значительное внимание уделялось исследованию условий извлечения из торфа битумов. Работы по экстракции привели к разработке технологии получения воска из торфа. Изучены физико-химические свойства восковых экстрактов, получаемых разными растворителями из различных видов торфа. Продолжались исследования химического состава воска. Показано, что в отличие от буруугольного воска, торфяной воск не содержит асфальтенов.

Несмотря на активное развитие фрезерного способа добычи торфа он имел существенные недостатки: малый объемный вес, неоднородный состав, высокую влагоемкость, склонность к саморазогреванию и самовозгоранию. Для устранения этих недостатков проведена большая работа по улучшению качества фрезерного торфа путем дополнительной механической переработки с фрезерованной залежи и получения гранулированного (зернистого, порошкообразного) торфа. Выполненные исследования несколько улучшили технологию получения гранулирован-

ного торфа, но не решили проблему полностью. В дальнейшем машины совершенствовались путем увеличения глубины фрезерования и ширины щелей при разработке технологии и машин для добычи мелкокускового торфа.

Проводились также работы по механизации процессов добычи кускового торфа. В Институте торфа разработана конструкция самоходной машины МСК для выполнения комплекса операций по сушке кускового торфа. Внедрение машин МСК решало вопрос комплексной механизации добычи кускового торфа экскаваторным способом.

Вместе с работами по технологии добычи кускового и фрезерного торфа проводились исследования процесса сушки торфа на брикетных заводах. Разработана парогазовая барабанная сушилка. Опытный экземпляр ее испытан в 1950 г. на торфопредприятии им. Орджоникидзе в Минской области. На основании положительных результатов испытаний разработан проект головной партии сушилок. Изготовленные Бердичевским заводом химического машиностроения «Прогресс» сушилки были установлены на торфобрикетном заводе в Вертилишках Гродненской области и на заводе горного воска в Дукоре Минской области.

Применение парогазовых барабанных сушилок позволило получать дополнительный экономический эффект от использования дымовых газов котельной, которые обычно выбрасываются в атмосферу.

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур требовало внесения в почву необходимого количества минеральных и органических удобрений. В этом деле большую роль должен был сыграть торф как наиболее распространенный вид местного органического удобрения. Поэтому Институт торфа в послевоенные годы работал в направлении изыскания рациональных технологических схем и механизмов по добыче торфа на удобрение и подстилку.

Показано, что наиболее эффективным способом добычи торфа на удобрение и подстилку является поверхностно-слойный. При этом способе обеспечивается механизация всех производственных процессов, а поля после выработки торфа остаются удобными для возделывания сельскохозяйственных культур.

Наряду с послойным способом добычи торфа для сельского хозяйства проводились научно-исследовательские работы по применению гидравлического способа заготовки торфа на удобрение. Был заложен опытный участок по внесению гидромассы торфа в почву на опытной станции «Дукора». Этот способ позволил коренным образом изменить структуру бедных органическим веществом песчаных почв и повысить их плодородие. Показан долговременный эффект внесения высоких доз торфа на почву и урожай сельскохозяйственных культур.

При изучении химического состава торфа установлены закономерности изменения содер-

жания компонентов от ботанического состава, степени разложения, условий залегания и др. факторов. Полученные данные позволили В. Е. Раковскому с сотрудниками сформулировать новые теоретические положения о происхождении твердых топлив, сущность которых сводилась к циклизации углеродных атомов, протекающей в торфе в результате реакций дегидратации и декарбоксирования.

До 1953 г. Институт торфа наряду с научно-исследовательскими работами выполнял обязанности Главторффонда республики и совместно с Гипроторфом РСФСР изучал торфяной фонд Белоруссии. В 1953 г. опубликован справочник «Торфяной фонд Белорусской ССР», в котором дана качественная и количественная характеристика более 6 тыс. торфяных месторождений республики, систематизированных по областям и районам. Это было ценное справочное пособие для хозяйственных и научных учреждений как республики, так и страны в целом.

С 1960 по 1963 г. директором Института торфа АН БССР снова был член-корреспондент АН БССР В. Е. Раковский. В это время наряду с работами по совершенствованию технологии и механизации добычи торфа проводились исследования по выделению ценных химических продуктов при нетопливном использовании торфа. Выполнен комплекс работ по энергохимической переработке торфа.

В результате исследований состава и механизма образования летучих продуктов термического распада торфа разработана промышленная схема переработки торфяного дегтя с получением антисептиков, гербицидов, дубителей и др. веществ.

Для расширения сырьевых ресурсов по производству металлургического кокса выполнены исследования по получению прочного кокса при совместной переработке торфа и нефтепродуктов.

В 1950-х годах под руководством члена-корреспондента В. Е. Раковского проведены новые исследования по химии и генезису торфа. Впервые показано, что накопление органического вещества происходит не только за счет анаэробных условий и более медленного окисления химических и биохимических стабильных веществ, но и за счет консервации всей массы органического материала благодаря наличию в растениях антисептиков-фенолов. Последние не только сохраняют растения при жизни, но и консервируют их после отмирания. Этот процесс получил название «пассивного химического иммунитета».

В начале 1960-х годов директивными органами осуществлялась идея передачи ряда научно-исследовательских учреждений из системы Академии наук в состав производственных ведомств. Часть институтов переведена из столичных городов в промышленные центры. В это время (1963–1966 гг.) Институт торфа вместе с другими институтами топливного профиля находил

ся в ведении Государственного комитета по топливной промышленности при Госплане СССР (Постановление СМ СССР от 11 мая 1963 г. № 521) и назывался Всесоюзным научно-исследовательским институтом торфа (ВНИИТП).

В этот период тематика института изменена в сторону энергохимического, химического, агрохимического и топливного использования торфа.

Нахождение института в такой сильной в то время организации с огромными материальными возможностями, как Комитет по топливной промышленности при Госплане СССР, способствовало значительному укреплению материальной базы. За это время построены лабораторный корпус площадью 3150 м², 64-квартирный дом для сотрудников, приобретены транспорт для экспедиций и научное оборудование.

В 1966 г. в связи с реорганизацией управления промышленностью и упразднением Государственного комитета по топливной промышленности при Госплане СССР по решению Совета Министров БССР, согласованному с Академией наук СССР и Советом Министров СССР, институт передан в состав Академии наук БССР. В связи с этим Президиум АН БССР просил утвердить институту новое направление, так как ранее исследования носили больше отраслевой, чем проблемный характер. Предлагались следующие направления:

1. Генезис торфа и сапропелей.

2. Изучение физических и физико-химических свойств торфа.

3. Изучение биохимических процессов в превращениях торфа.

4. Технологические исследования по использованию торфа.

С 1963 по 1973 г. директором Института торфа был доктор технических наук Николай Степанович Панкратов. В этот период начинают разрабатываться технологии и создаваться новые машины для добычи бытового топлива, борьбы с саморазогреванием и самовозгоранием торфа, получения новых продуктов химической переработки торфа, автоматизации технологических процессов. Продолжается совершенствование технологий производства воска с непрерывной экстракцией торфа, получением новых видов торфяных удобрений и др.

Продолжены работы по созданию технологии и машины для получения кускового торфа с глубинно-щелевой экскавацией залежи с повышенной глубиной фрезерования. Создана машина МБТ-500.

Изучалось влияние щелевой экскавации торфа на водный режим и несущую способность залежи. Полученные результаты использованы при разработке технологии добычи торфа глубинно-щелевым способом.

Совместно с Институтом химии древесины Латвийской Академии наук проводились исследования по разработке технологии получения

кормовых дрожжей из малоразложившегося верхового торфа путем гидролиза концентрированной серной кислотой и ее проверки на опытной установке в производственных условиях.

В связи с проведением исследований по получению кормовых дрожжей из малоразложившегося торфа возникла необходимость проведения работ по технологии добычи сырья для этих целей.

К этому времени в институте начали проводить работы по технологии гидромеханизированной добычи сапропеля из открытых водоемов.

Фрезерный торф при хранении может саморазогреваться и самовозгораться. Установлено, что аутотермические процессы – это результат взаимодействия микробиологических, биохимических, физико-химических и химических процессов, обусловленных геоботанической характеристикой и химическим составом торфа, технологическими параметрами и метеорологическими условиями сезона.

Глубокое изучение механизма аутотермических процессов при хранении торфа явилось основой для разработки нового технологического приема торможения саморазогревания и предупреждения самовозгорания – метода внутренней изоляции. В дальнейшем на основании изучения превращений как органической, так и минеральной составляющих торфа сформулировано новое представление о явлении его самовозгорания и предложен метод прогнозирования поведения торфа при хранении.

Расшифровка механизма образования подвижных форм азота при хранении торфа позволила разработать технологию повышения его качества как удобрения за счет регулирования теплового режима в штабелях и за счет обработки торфа безводным аммиаком.

В конце 1960-х годов в Институте торфа проводились исследования пневматического транспортирования измельченного торфа при повышенных концентрациях аэросмеси. Теоретически обоснован метод определения потерь давления в разгонном участке вертикального трубопровода при повышенной концентрации торfovоздушной смеси до 25 кг/кг и предложены соответствующие зависимости для расчета.

Под руководством члена-корреспондента АН БССР Ф. А. Олейко проводились исследования по автоматизации технологических процессов торфяного производства. Выполнялись исследования по автоматическому регулированию глубины фрезерования при добыче кускового торфа глубинно-щелевым способом экскавации.

Проведены исследования по непрерывному определению основных физических характеристик торфа и разработан их автоматический контроль. Выполнены исследования по автоматическому дозированию сапропелевого связующего при производстве древесно-стружечных плит.

На основании изучения низкотемпературного разложения торфа разработана технология производства термообработанного торфа – наполнителя пресспорошковых пластмасс. Предложенные технологии и рецептура проверены на заводе «Карболит» (г. Орехово-Зуево).

Изучение ионообменных свойств торфа позволило разработать технологию приготовления торфощелочных реагентов-разжижителей цементных шламов и стабилизаторов буровых растворов, позволяющих снизить водосодержание в шламах и расход топлива при производстве цемента.

Развитие начатых в послевоенные годы исследований по повышению эффективности использования торфа и торфяных месторождений в сельском хозяйстве направлено на детальное изучение агрехимических свойств различных видов торфа.

Исследования по минерализации органического вещества в торфяных залежах выявили, что различные классы соединений имеют неодинаковую скорость минерализации. Эти результаты послужили основой разработки мероприятий по сдерживанию минерализации органического вещества торфяных почв.

В 1970-е годы наблюдался интенсивный рост добычи торфа, проводились широкомасштабные научные исследования состава и свойств торфа, сапропелей, бурых углей и горючих сланцев и направлений их рационального использования.

С 1973 по 1997 г. (с перерывом с 1987 по 1990 г., когда директором института был доктор технических наук Николай Владимирович Кислов), институтом руководил академик Иван Иванович Лиштан.

В институте в это время изучались состав и свойства торфа, сапропелей, бурых углей и горючих сланцев и разрабатывались направления их рационального использования в народном хозяйстве. Исследования проводились по следующим направлениям:

- изучение процессов образования, состава и структуры торфяных месторождений и озерных отложений БССР в связи с их освоением;
- разработка приемов оптимального регулирования состава и свойств торфа и продуктов его переработки на основе управления процессами структурообразования и тепломассопереноса;
- исследование и разработка новых технологических схем и приемов использования торфа и сапропеля в народном хозяйстве;
- разработка новых направлений химической переработки торфа, синтез на основе продуктов его переработки новых материалов;
- совершенствование технологии, разработка средств механизации и автоматизации процессов торфяного производства и подготовка сырья для комплексной переработки;

• определение наиболее эффективных направлений комплексного использования бурых углей и горючих сланцев БССР.

Весь комплекс работ направлен на решение актуальных вопросов в области технологии, механизации и автоматизации торфяного производства, на изыскание эффективных направлений использования торфа, торфяных месторождений, сапропелей в сельском хозяйстве, разработку методов комплексной переработки торфа, сапропелей, бурых углей и горючих сланцев с получением новых материалов на основе термохимического и биохимического синтеза. В этот период решены важные технические задачи: построен завод горного воска мощностью 400 т воска в год, налажено производство модифицированных восков для точного литья и антиадгезионных составов для производства изделий из полиуретанов, а также для получения лекарственных средств и изделий бытовой химии, сдан в эксплуатацию ряд объектов по добыче сапропелей (около 1,5 млн т в год), организовано производство торфогуминовых и гранулированных органоминеральных удобрений, торфяных биостимуляторов и мелиорантов, создан ряд машин и механизмов для добычи и уборки кускового и фрезерного торфа, разработана и изготовлена серия газогенераторов разной мощности, крупнолабораторная установка по энерготехнологической переработке бурых углей и производству различных сорбционных материалов.

В тот период в структуре института было 11 лабораторий и один отдел. С тематикой института связана работа 60-го отделения Центрального конструкторского бюро (ЦКБ) и опытного производства (ОП) АН БССР и экспериментальной базы «Дукора».

Интенсивный рост добычи торфа продолжался до середины 1970-х годов. В 1975 г. добыто около 40 млн т торфа, 30 млн т использовалось для нужд сельского хозяйства.

В 1976–1980 г. уменьшилось общее количество добываемого торфа по сравнению с предыдущим пятилетием и сократилось его использование в сельском хозяйстве. Общее снижение объемов добычи торфа необходимо было компенсировать применением других видов органического сырья как для топлива, так и для удобрений, а также разработкой мероприятий по более эффективному использованию торфяных месторождений и торфа. С этой целью в 1982 г. Институтом торфа и другими организациями республики разработаны «Рекомендации по рациональному использованию торфяных месторождений и запасов торфа в Белорусской ССР», где предусматривалось снижение потерь при использовании торфяных месторождений и торфа в сельском хозяйстве, повышение КПД бытовых топок, расширение использования сапропелей в качестве органических удобрений.

В последние годы материалы по торфяно-му фонду значительно обновлены. Разработана

«Схема рационального использования и охраны торфяных ресурсов Республики Беларусь на период до 2010 года».

Все последующие исследования 1980–1990-х гг. можно объединить по следующим направлениям:

- изучение структуры состава, свойств и генезиса торфа на основании анализа корреляционных связей между основными признаками торфа;

- изучение коллоидно-химических свойств торфа и процессов тепло- и массопереноса в торфяных системах при разных температурах. Разработка научных основ и прикладных задач по физико-химической механике торфа:

- влияние окислительно-деструктивных процессов при сушке на состав и свойства торфа и продуктов комплексной переработки;

- изучение образования пирофорных веществ при аутоокислении твердых горючих иско-паемых;

- химическая переработка торфа с полу-чением горного воска и других продуктов;

- обоснование, разработка и организация производства гуминовых препаратов, обладающих ростстимулирующими свойствами;

- изучение парамагнетизма гуминовых веществ торфа;

- получение и применение водораствори-мого гуминового препарата для очистки про-мышленного оборудования от радионуклидов;

- исследования в области физики горных пород;

- разработка и применение сорбционных материалов для водоподготовки;

- исследование и производство сбаланси-рованных органоминеральных удобрений;

- разработка биосферносовместимых тех-нологий использования природных ресурсов Бе-лорусского Полесья;

- реабилитация выбывших из эксплуата-ции торфяных месторождений;

- изучение сапропелей, организация их добычи и комплексного использования;

- энерготехнологическая переработка бу-рых углей и горючих сланцев.

Научные результаты института отмечены правительственные наградами. Орденом Дружбы народов и орденом Ф. Скорины награжден академик И. И. Лиштван, орденом Трудового Красного Знамени – член-корреспондент В. Е. Белькевич, орденом «Знак Почета» – доктор технических наук А. В. Тишкович и кандидаты технических наук Н. А. Кот, Ф. А. Малышев, медалью за тру-довые достижения награжден академик И. И. Лиштван, медалью Ф. Скорины – академик В. Ф. Логинов. Группа сотрудников награждена Почетными грамотами и Грамотами Верховного Совета БССР.

С 1997 г. директор института академик В. Ф. Логинов. С 1990 г. институт носит название

Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси. В пяти лабораториях из семи основной тематикой являются проблемы торфа, сапропелей, бурых углей и горючих сланцев.

Это лаборатории:

- биогеохимии ландшафтов (академик Н. Н. Бамбалов);
- физико-химической механики природных дисперсных систем (И. И. Лиштван, Г. П. Бровка);
- использования и охраны торфяных месторождений (А. П. Гаврильчик, Б. В. Курзо);
- агрономии (Г. А. Соколов);
- экотехнологий (А. Э. Томсон).

Эти лаборатории фактически и теперь решают проблемы повышения эффективного использования торфа и торфяных месторождений, сапропеля в народном хозяйстве.

Работы лабораторий представлены в Государственной программе «Торф», Государственной научно-технической программе «Экологическая безопасность», Государственной программе ориентированных фундаментальных исследований «Природопользование». В этот пе-

риод значительно расширились исследования по природопользованию, охране окружающей среды, экологии, климатологии, ландшафтеделию. Отдельные работы этих направлений являются приоритетными для Республики Беларусь и имеют международное значение, отмечены соответствующими премиями и грамотами. В 2002 г. работы по оценке природных комплексов с помощью методов дистанционного зондирования и наземных исследований удостоены Государственной премии Республики Беларусь.

С 2008 г. институт возглавляет член-корреспондент А. К. Карабанов, известный ученый в области геологических наук. В этом же году Президиум НАН Беларуси преобразовал Институт проблем использования природных ресурсов и экологии в Институт природопользования НАН Беларуси. Новое название института должно предусматривать и проведение корректировки тематики научных исследований, уточнение его структуры в направлении повышения значимости результатов для отраслей экономики страны.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 12.09.2012 г.

И. И. Лиштван

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ИНСТИТУТА ТОРФА – ИНСТИТУТА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

Рассмотрены основные этапы становления и развития института, направления научной деятельности. Приведены результаты исследований эффективного использования торфа и торфяных месторождений, сапропеля, бурых углей и горючих сланцев. Исследования в области природопользования и охраны окружающей среды, выполняемые в институте в настоящее время, являются приоритетными для Республики Беларусь.

I. I. Lishvan

FORMATION AND DEVELOPMENT OF THE INSTITUTE OF PEAT – INSTITUTE FOR NATURE MANAGEMENT OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

Main formation and development of the institute, scientific activity trend have been regarded. Research results of the effective use of peat and peat deposit, sapropel, brown coal and fuel shales have been provided. The researches in the sphere of nature management and environment protection done at the institute at present are of priority for the Republic of Belarus.

Н. Н. Бамбалов

КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ХИМИИ ТОРФА В БЕЛАРУСИ

Сделан исторический обзор развития химии торфа в Беларуси от первой четверти XX века до настоящего времени. Показана роль химии и химической технологии торфа в обеспечении экономики республики разнообразными научноемкими продуктами для сельского хозяйства, бальнеологии, косметики, а также сорбентами для очистки газовых и жидкых сред, красителями, преобразователями ржавчины и др.

В Беларуси химия торфа начала развиваться в конце первой четверти XX в., в то время как в Западной Европе и России она уже была в определенной степени развита, а продукты термохимической переработки торфа – деготь, кокс, уголь там широко использовались в различных отраслях хозяйства. Разработанные западноевропейскими и российскими специалистами технологии и аналитические методы химии торфа достаточно для того времени освещались в научной литературе, поэтому они послужили начальной базой для формирования химии торфа как отрасли науки и хозяйства в Беларуси.

Первые систематические исследования химического состава торфа в Беларуси были связаны с развитием торфяной энергетики, так как возникла потребность в знаниях химического состава торфяной золы, газообразных и жидких продуктов, образующихся при нагревании и горении торфа, а также необходимость в паспортизации торфа из различных торфяных месторождений в целях подбора сырьевых баз.

Началом промышленной добычи торфа в Беларуси, по-видимому, следует считать 1896 г., когда торф стали использовать для получения горючего газа в газогенераторах, установленных на стеклозаводе «Серковичи». К 1913 г. в Беларуси годовая добыча торфа достигла 14 тыс. т.

Дальнейшее расширение использования газогенераторов на промышленных предприятиях потребовало углубленной химической характеристики торфяного сырья и разработки способов использования образующейся в газогенераторах смолы, выход которой достигал 7 % от органического вещества сжигаемого торфа. Именно с удовлетворения этих потребностей практики началось становление, а затем и развитие химии торфа в Беларуси как науки и отрасли хозяйства. Однако Первая мировая, а затем гражданская войны в России, частью которой была Беларусь, приостановили развитие химии торфа.

По окончании этих войн торфяная промышленность Беларуси возродилась и развивалась ускоренными темпами. Так, в 1926–1936 гг. в республике уже добывалось до 36 тыс. т торфа

ежегодно, что неизбежно требовало развития его химических исследований.

В 1928 г. при Отделе мелиорации Наркомзема БССР была создана Белорусская Центральная торфяная станция, а затем на ее базе в 1929 г. организован торфяной отдел при Институте промышленности БССР, в котором химические исследования торфа существенно расширены, в том числе проводились работы по получению из торфа спирта, бензина и переработке торфяной смолы.

Быстрое развитие торфяного производства и расширение масштабов использования торфа в народном хозяйстве стали причиной создания в 1932 г. в Беларуси Института торфа, в структуре которого находились аналитическая лаборатория и лаборатория газификации торфа. Их основными задачами были изучение ботанического и химического составов торфа, разработка теории и технологии газификации торфа, методов его химической переработки с получением новых материалов и продуктов.

Для усиления исследований по проблемам химии и химической переработки торфа на работу в Институт торфа из Москвы были приглашены крупные специалисты Б. К. Климов и В. Е. Раковский. Под их руководством выполнялись исследования химического состава и термического разложения торфа из белорусских месторождений, реакционной способности торфяного кокса, разрабатывались методы получения моторных топлив из торфяной смолы и биологически активных веществ из торфа, теория термической деструкции природных полимеров и теория происхождения твёрдых горючих ископаемых. По результатам исследований Б. К. Климов опубликовал в 1939 г. научную монографию «Новые методы термической переработки торфа» [13].

В начале 30-х гг. XX в. в Беларуси была разработана технология гидролиза малоразложившегося торфа верхового типа с получением спирта, а в 1935 г. в Минске построен опытно-промышленный гидролизный завод.

С середины 30-х гг. прошлого века в Институте торфа работали лаборатории газификации, технологии торфяных смол и аналитиче-

ская. Исследования в них, как и вся деятельность института, временно прекратились с началом Великой Отечественной войны. Многие сотрудники института вели борьбу с немецко-фашистскими захватчиками в рядах Красной Армии и в партизанских отрядах.

С началом Великой Отечественной войны Академия наук БССР была переведена в тыл, но уже в марте 1942 г. в Казани состоялась первая в условиях войны сессия АН БССР. К этому времени в составе академии осталось мало сотрудников, и научные исследования возобновлялись не институтами, а группами ученых. В ноябре 1942 г. в Ташкенте прошла вторая в условиях военного времени сессия АН БССР, на которой среди других ученых выступил член-корреспондент В. Е. Раковский с сообщением о работе в области исследований торфа.

К концу 1942 г. был восстановлен Институт торфа АН БССР на базе части лабораторий Московского химико-технологического института им. Д. И. Менделеева. Ученые института торфа совместно с Московским автозаводом разработали технологию получения смазочных материалов – эмульсолов на основе очищенной фракции парафинов торфяных смол взамен смазочных материалов, получаемых из нефти, что было очень важно для условий военного времени в связи с ограниченной возможностью доставки таких материалов, получаемых из нефти.

В 1943–1948 гг. Институт торфа возглавлял крупнейший специалист в области химии торфа В. Е. Раковский. Из химических лабораторий в институте в это время работали аналитическая лаборатория, химической технологии торфяных смол, торфяного воска, газификации торфа, сапропелей. Часть исследований, выполненных к концу 1940-х гг., была обобщена В. Е. Раковским в двух его монографиях [23, 24]. На II Всесоюзном энергетическом съезде В. Е. Раковский впервые обосновал идею энергохимического использования топлива, и это направление существует и развивается поныне.

В послевоенное время (1945–1960 гг.) торфяная промышленность развивалась особенно быстрыми темпами, доля торфа в общем энергетическом балансе БССР достигала 60–64 %, а ежегодная добыча его для энергетики, сельского хозяйства и химической переработки систематически увеличивалась и в 1960 г. превысила 20 млн. т. Для ускорения внедрения результатов исследований в производство в 1948–1950 гг. на базе торфопредприятия «Дукора» была создана Торфяная опытная станция (ТОС) с механическим цехом, лабораторными помещениями, автотракторным парком, комплексом машин для добычи и уборки торфа, сформирован коллектив в количестве 42 человек. Здесь отрабатывались новые технологии по добыче и переработке торфа, изготавливались и испытывались новые ма-

шины и агрегаты. В составе ТОС работала химическая лаборатория, сотрудники которой участвовали в химической оценке торфяного сырья вместе с сотрудниками Института торфа АН БССР.

В связи с масштабным использованием торфа в народном хозяйстве В. Е. Раковский и П. И. Белькевич выдвинули весьма плодотворную идею оценки качества торфа из белорусских месторождений не только по общетехническим характеристикам, но и по их химическому составу.

В пятидесятых годах прошлого столетия выполнялись работы по тотальной комплексной паспортизации торфа из различных торфяных месторождений республики. Исследования возглавил В. С. Шиманский, руководивший аналитической лабораторией Института торфа. Паспортизация осуществлялась по показателям типа торфа, ботанического состава, степени разложения, зольности, химическим свойствам, в частности по элементному и групповому составам органического вещества, химическому составу минеральной части и некоторым физическим характеристикам. Результаты были использованы для разработки классификации видов торфа, установления общих закономерностей формирования торфяных месторождений и химического состава торфа разных генетических видов на разной глубине залегания, для составления кадастрового справочника «Торфяной фонд БССР» [12], в котором дана характеристика свыше 6 тыс. торфяных месторождений республики. На базе этих и других данных В. Е. Раковским были сделаны крупные теоретические обобщения о происхождении торфа и о роли торфяной стадии в формировании месторождений твердых топлив.

В последствии данные использовались для выделения на территории республики сырьевых баз особо ценных видов торфа – битуминозного, гидролизного, комплексных для химической переработки, а также для получения лечебных грязей. В 80-х гг. XX в. были созданы заказники битуминозного, гидролизного торфяного сырья для химической переработки с получением новых видов продуктов и материалов, а также заказники грязелечебного сырья (А. П. Пидопличко, М. А. Конойко, А. Г. Дубовец, С. Г. Беленький, В. В. Смирнова и др.).

В послевоенные годы под руководством В. Е. Раковского ускоренно развивались исследования в области теории и технологии пирогенной переработки торфа, начатые еще до Второй Мировой войны. Потребность в таких исследованиях в это время была велика, поскольку в разных отраслях промышленности широко использовались газогенераторные установки для получения энергии, особенно на заводах машиностроительного комплекса и стеклозаводах. В данный период в СССР на газогенераторах перерабатывалось по 5 млн. т торфа в год.

Под руководством В. Е. Раковского доказана возможность попутного получения ряда ценных химических веществ: уксусной кислоты, сульфата аммония, фенолов и фенольного клея для древесностружечных плит при газификации фрезерного торфа. Был выяснен механизм образования летучих продуктов термического распада торфа и установлена зависимость выхода дегтя, пирогенетической воды, амиака, фенолов, органических кислот от химического состава торфа и условий пиролиза (температуры, влажности и др.). Ученые установили, что реакции декарбоксилирования наиболее легко протекают при высокой влажности торфа. Доказали, что введением амиака в активную зону термического разложения торфа и гидролизного лигнина при температуре 150–300 °C образуется деготь с высоким содержанием гомологов хинолина и пиридина. Было установлено, что при взаимодействии пара с органическими компонентами торфа происходит омыление эфирных групп и до 2 раз увеличивается выход смолы и фенолов.

Выдающимся достижением исследований послевоенного времени явилась разработка В. Е. Раковским теории коксообразования при термическом разложении твёрдых топлив, опубликованной в 1953 г. в журнале «Известия АН БССР». До того коксообразование трактовалось либо как физический процесс, либо как химический, но В. Е. Раковский доказал, что процесс коксообразования объединяет в себе физические и химические превращения органического вещества топлив. Согласно воззрениям В. Е. Раковского, кокс образуется в результате процессов конденсации ароматических соединений с образованием высокомолекулярных конденсированных многоядерных систем, устойчивых к воздействию высоких температур. Возможность таких процессов обусловлена различной устойчивостью химических связей при температурах коксования: наиболее прочны связи между атомами углерода в бензольном кольце, менее прочны углерод–водородные связи и связи в алифатических цепях. Данные исследования составили основу для разработки В. Е. Раковским более общей теории спекания углей.

Кроме того, доказано, что при скоростном термолизе торфа образуются летучие продукты, которые наряду с коксом также обладают хорошей восстанавливющей способностью по отношению к оксидам железа, и было предложено для этой цели использовать высокоскоростной термолиз, так как в данном случае восстанавливается до 90 % железа при температуре 900 °C, а попутно образующиеся смоляные конденсаты и продукты их модификации – торфяной пек – могут быть использованы в дорожном строительстве в качестве вяжущих веществ.

В Институте торфа были получены интересные и важные результаты по термическому

распаду торфа в условиях масляной среды под давлением при температуре около 400 °C, что позволяло перевести в жидкую фазу 60–90 % органического вещества. Такие продукты можно использовать далее в топливном и химическом направлениях.

Механизм и кинетику термического разложения торфа и отдельных его компонентов при температурах ниже 400 °C изучали П. И. Белькевич, К. А. Гайдук, А. И. Скоморохова, А. Э. Томсон, М. И. Минкевич, А. В. Быстрая и др. Установлено, что в таких условиях происходит отщепление функциональных кислородсодержащих групп и разрыв химических связей C–C, C–O, C–H, в процессе термолиза выделяются оксиды углерода, вода, другие газообразные и жидкие продукты. При термолизе в среде кислорода сначала происходит окисление органического вещества с образованием новых кислородсодержащих групп, которые затем отщепляются с образованием оксидов углерода и воды. Была обоснована технология получения термически обработанного торфа после экстракции воска для практического использования в качестве наполнителя при получении пресс-порошковых пластмасс и изделий из фенопласта. При этом улучшились электротехнические свойства, повышалась водостойкость и термостойкость пластмассовых изделий. Внедрение осуществлялось на заводе «Карболит» (П. И. Белькевич, К. А. Гайдук, Т. Т. Зуев).

По итогам исследований процессов термохимической переработки торфа В. Е. Раковским, П. И. Белькевичем и их учениками опубликовано большое количество научных статей в журналах «Доклады АН БССР», «Известия АН БССР», «Химия твёрдого топлива», сборниках научных трудов Института торфа АН БССР и др. изданиях, а также научные монографии [23–25].

Однако несмотря на большие научные успехи в области газификации и термической переработки торфа, появление в 60-х гг. XX в. достаточных количеств природного газа обусловило постепенный перевод промышленных предприятий на этот более дешёвый энергоноситель, и исследования по данному направлению на много лет были прекращены.

В настоящее время вновь появился интерес к термической переработке торфа, бурого угля, горючих сланцев и растительной биомассы в целях получения газообразных и жидких энергоносителей из местного сырья. Это направление возродилось в 1995 г. Под руководством П. Л. Фалюшина разработаны новые технологии термической переработки торфа и растительной биомассы, созданы и внедрены новые экономичные газогенераторы, работающие на твердых топливах, совместно с БАТУ разработана передвижная газогенераторная электростанция мощностью 15 кВт. Работа значительно расширяется,

в частности, поставлены принципиально важные задачи по термохимической переработке не только торфа и биомассы, но и белорусских бурых углей и горючих сланцев с получением энергоносителей и большого спектра необходимых народному хозяйству химических веществ.

Современный этап в развитии термохимии торфа опирается на фундамент, заложенный исследованиями Б. М. Климова, В. Е. Раковского, П. И. Белькевича, П. Л. Фалюшина, О. И. Мазиной, Н. Д. Дрожалиной, С. С. Маль, Ф. Л. Каганович, А. П. Котковского, М. И. Баранчиковой, Г. П. Макеевой, В. П. Хоняк, В. К. Жукова, К. А. Гайдук, А. Э Томсона, А. И. Киселевой, М. И. Минкевича, В. В. Марыгановой и др.

Одним из основных и традиционных направлений исследований Института является разработка теории и технологий получения и применения сорбентов на основе торфа, развитое благодаря работам В. Е. Раковского, П. И. Белькевича, И. И. Лиштвана, Л. Р. Чистовой, К. А. Гайдук, О. И. Мазиной, Н. Д. Дрожалиной, В. К. Жукова, Л. М. Рогач, Т. В. Соколовой, А. Э. Томсона, Н. Е. Сосновской, А. М. Абрамца, В. П. Стригуцкого, Ю. Ю. Навоши, С. Г. Прохорова, В. М. Дударчика, Т. П. Смычник, С. И. Коврик, Ф. С. Яцевича и др. Установлено, что сорбционные свойства торфа и его компонентов обусловлены развитой пористой структурой и наличием большого разнообразия функциональных групп, способных к донорно-акцепторным взаимодействиям, реакциям ионного обмена и образованию водородных связей. Количественные параметры характеристик получаемых сорбентов зависят от типа, вида, степени разложения, зольности, величины pH, глубины залегания, способа добычи, условий и продолжительности хранения торфяного сырья.

Установлены равновесные и кинетические закономерности обмена ионов металлов на разных генетических видах торфа, выяснена роль отдельных компонентов органического вещества в поглощении ионов металлов. Определены области значений pH, при которых наиболее активно происходит взаимодействие ионов металлов с карбоксильными группами торфа и его компонентов по механизму реакций обмена и по механизму образования диамагнитных полярных соединений. Показана избирательность сорбции ионов металлов на торфе, определены величины концентрационных констант обмена, установлено и объяснено особенностями строения электронных оболочек сверхэквивалентное поглощение железа и меди (П. И. Белькевич, Л. Р. Чистова, Л. М. Рогач, Т. В. Соколова, Г. М. Прохоров, М. В. Дите).

Химическая, физико-химическая, биохимическая и термическая переработка торфа позволяет получать новые виды продукции с заданными сорбционными свойствами для охраны окру-

жающей среды, медицины, пищевой промышленности, добычи полезных ископаемых, дезактивации радиоактивных загрязнений и так далее, а большое разнообразие торфяного сырья дает возможность создавать сорбенты различного целевого назначения.

Для очистки воды от тяжелых и радиоактивных металлов или для концентрирования цветных металлов из отходов гальванических производств получены твердые сорбенты на основе торфа верхового типа с высокой степенью разложения (П. И. Белькевич, Л. Р. Чистова, Л. М. Рогач, Т. В. Соколова и др.), а также растворимые в воде коагулянты металлов, обогащенные функциональными группами, способными к ионному обмену (И. И. Лиштван, С. И. Коврик, В. М. Дударчик). Применяя специальные методы переработки сырья, созданы торфяные сорбенты с улучшенными сорбционными характеристиками (П. И. Белькевич, В. Е. Раковский, Л. Р. Чистова, Т. В. Соколова, А. Э Томсон, Н. Е. Сосновская). Фракционированием гуминовых кислот при различных значениях pH получены препараты с различной сорбционной емкостью (И. И. Лиштван, А. М. Абрамец, Ю. Г. Янuta).

Разработаны гранулированные торфяные сорбенты и технологии очистки воды от тяжелых металлов (П. И. Белькевич, Л. Р. Чистова, Т. В. Соколова, Л. М. Рогач, Ф. С. Яцевич и др.), а также способы регенерации сорбентов.

С 1965 г. по инициативе и под руководством В. Е. Раковского, в Институте торфа начали проводить широкие исследования по получению активированных углей различного назначения на основе сырьевых ресурсов Беларусь – торфа, древесины, бурых углей. Показано, что на основе торфа и древесины возможна организация производства в республике 10–12 типов активированных углей. Белорусские бурые угли имеют высокую зольность и для производства активированных углей непригодны.

Учеными института разработаны теоретические основы формирования пористой структуры при активации торфа в различных газовых средах (О. И. Мазина, Н. Д. Дрожалина, В. П. Хоняк, Н. А. Булгакова) и в присутствии химических модификаторов: сернистого калия и карбоната калия (В. К. Жуков), фосфорной кислоты (Г. П. Макеева, С. М. Микулич), хлорида цинка (З. К. Лукьянкова), хлорида алюминия (М. И. Баранчикова). Выявлена роль отдельных компонентов торфа в образовании пористой структуры активированных углей и установлено, что их отличительной особенностью является хорошее развитие супермикро- и мезопористости при относительно небольшой доле собственно микропор. При суммарном объеме сорбирующих пор 0,50–0,55 см³/г доля мезопор достигает 0,4 см³/г, а их поверхность – 220 м²/г. Область применения активированных углей с такой пористой структу-

рой – очистка природных, оборотных и сточных вод и других жидкостей от растворенных органических веществ с высокой молекулярной массой. По осветляющей способности торфяные угли превосходят наиболее известные марки активированных углей из бурых углей и лигнитов – *Filtrasorb* и *Darco*.

Торфяные угли были испытаны при очистке питьевой воды р. Зап. Двина (створ у г. Полоцка), сточных вод ряда производств, сахарных сиропов, фармацевтических препаратов и показали результаты на 20–30 % выше, чем лучшие угли промышленных марок БАУ и АГ.

По общению В. К. Жукова, возможность организации производства широкой гаммы активированных углей на основе торфа и продуктов его переработки доказана не только теоретически, но и практически – к сожалению, не в странах СНГ, где на основе торфа производились до 2008 г. активированные угли химической активации двух типов (СКТ и АРТ), а в Нидерландах, где компанией «Norit Activated Carbons» с 1918 г. на основе торфа производятся несколько типов активированных углей с выпуском 30 тыс. т/год, а общий объем производства компании, включая филиалы в США, Шотландии, Китае и др. странах, составляет 160 тыс. т/год.

Согласно экспертным оценкам, для обеспечения экономической и экологической безопасности страны потребление активированных углей должно составлять не менее 0,5 кг/год на душу населения, а потребность Беларуси составляет около 5000 т/год активированных углей различного назначения.

Учитывая объемы и типы производимых в странах СНГ активированных углей, а также спрос на них в Беларуси и за рубежом, наиболее перспективной в условиях сырьевой базы республики, по данным В. К. Жукова, является организация производства следующих типов активных углей:

- дробленого для очистки питьевых и сточных вод, пищевых продуктов, технологических растворов в различных отраслях промышленности (аналог угля «NORIT PK»);
- гранулированного рекуперационного (аналоги АГ-5, АР);
- гранулированного для очистки фармацевтических и пищевых продуктов и питьевой воды (аналоги АГС-4, БАУ);
 - порошкообразного для очистки фармацевтических и пищевых продуктов и применения в качестве энтеросорбента (аналоги ОУ-Б, КАУ, Белосорб);
 - порошкообразного общетехнического назначения (аналоги КАД);
 - порошкообразного фосфорно-кислотной активации из древесных опилок (аналог «NORIT CA»).

В. К. Жуковым проведены с положительным результатом поисковые исследования по получению активированных углей и углеродминеральных сорбентов специального назначения: для сорбции радионуклидов, заполнения газовых баллонов природным газом при использовании городским автотранспортом, доочистки сточных вод от ионов тяжелых и цветных металлов и др.

В последнее время в России и некоторых других странах в больших объемах производят и применяют активированные угли для получения чистой продукции на землях, зараженных высокими дозами ядохимикатов, нефтепродуктов и других стойких органических загрязнителей. Соответствующие поисковые работы также проведены специалистами института Г. А. Соколовым, В. К. Жуковым, А. Э. Томсоном и показана перспективность этого направления. При наличии заказчика могут быть разработаны технологии производства активированных углей специально-го назначения.

Для удаления разливов нефти на воде и почвах получают препараты из торфяного сырья с высокоразвитой пористой структурой, независимо от содержания функциональных групп (П. И. Белькевич, М. И. Соболь, А. Э. Томсон, Н. Е. Сосновская). Модифицируя торфяное сырье поверхностью-активными веществами, получают не тонущие в воде в течение многих суток сорбенты с увеличенной сорбционной емкостью. В содружестве с Институтом микробиологии НАН Беларуси при внесении в торф специальных видов микроорганизмов-деструкторов углеводородов получены препараты для ускоренного разложения нефти и нефтепродуктов в пахотном слое почвы, в том числе в течение одного вегетационного сезона до 90–100 % алифатических и до 60–80 % ароматических углеводородов, а в течение двух вегетационных сезонов почва полностью очищается от нефти (А. Э. Томсон, Н. Е. Сосновская, А. С. Самсонова).

Чернобыльская катастрофа дала импульс для создания на основе торфа недорогих, но эффективных средств и способов дезактивации металлических поверхностей, воды и территорий. Некоторые виды верхового торфа способны удерживать до 50 мг/г стронция, 105 мг/г цезия, 150 мг/г урана (П. И. Белькевич, Л. Р. Чистова, Л. М. Рогач, Т. В. Соколова). Во время работ по ликвидации последствий взрыва на ЧАЭС в 1986–1988 гг. при выезде из 30-километровой зоны отчуждения автомобили и другую технику отмывали от радиоактивных веществ водой, а загрязненные воды очищали на больших (30x30 м) торфяных фильтрах, созданных сотрудниками института В. Е. Смеловским, Л. Р. Чистовой, Л. М. Рогач, С. Г. Беленьким и др. Это было наиболее простое, быстрое и эффективное решение проблемы мойки техники при

выходе из опасной радиоактивной зоны. В 1986–1987 гг. торфяные фильтры были единственным реально работавшим и недорогим средством очистки радиоактивных вод на моечных пунктах, в то время как многие другие предложения, в том числе зарубежные, оказались по разным причинам не реализованными.

На основе гуминовых веществ торфа были созданы препараты (Т. П. Смычник) и технология дезактивации технологического оборудования (И. И. Лиштван, В. Е. Смеловский, В. М. Дударчик), загрязнённого радионуклидами. В 1986–1987 гг. работала технологическая линия по дезактивации вентиляционного оборудования на заводах литья и нормалей и самоходных комбайнов ПО «Гомсельмаш», что позволило очистить от радионуклидов все крупные промышленные вентиляторы в количестве более 250 единиц. Для этого было израсходовано около 600 кг препарата, полученного по технологии Т. П. Смычник, стоимость которого в то время составляла от 1 до 3 долл. США за 1 кг в зависимости от его качества и марки.

Ионообменные и лигандные свойства гуминовых веществ торфа используются при получении комплексообразующих добавок (лигандов) к геотехнологическим растворам для извлечения цветных металлов, редких и рассеянных элементов при их кучном и подземном выщелачивании. Гуминовые препараты созданы Т. П. Смычник в Институте торфа АН БССР, а технологии их применения на реальных месторождениях урана разработаны В. М. Пантелеевым во ВСЕГИНГЕО (Россия). При добавлении к геотехнологическому раствору (1 %-ная серная кислота) гуминового препарата в количестве 100–200 мг на 1 л процесс извлечения урана ускорялся примерно в 2–2,5 раза, а выход металла возрастал до 96 % от его общего содержания в руде, в то время как без гуминового препарата выход урана, как правило, не превышал 50 % [22]. При этом оказалось возможным уменьшить расход серной кислоты в 10 раз, а при увеличении концентрации гуминового препарата до 400 мг на 1 л ее можно вообще не применять. Последнее особенно важно, так как применение серной кислоты ведет к загрязнению подземных вод и в некоторых государствах запрещено.

Еще одним преимуществом гуминовых препаратов является отсутствие необходимости в применении окисления урансодержащего пласта пероксидом водорода, кислородом или воздухом под давлением. Кроме этого, гуминовые препараты позволяют осуществить расколбелирование пор во вмещающих породах значительно эффективнее, чем серная кислота.

Согласно опубликованным данным [22], по сравнению с серно-кислотной технологией, использование 1 кг сухого гуминового препарата на разных месторождениях позволяет получить до-

полнительно от 2,9 до 5,2 кг урана, что указывает на выгодность его применения. Перспективно испытать возможности гуминовых препаратов для извлечения других редких и рассеянных элементов, в том числе из отвалов отработанных горных пород.

А. Э Томсоном и Т. В Соколовой созданы и внедрены недорогие торфяные сорбенты для очистки от аммиака и сероводорода воздуха на птицефабриках. За счет очистки воздуха существенно улучшаются экономические показатели птицефабрик, в связи с улучшением здоровья птиц и повышением их иммунитета в сравнении с содержанием в условиях с неочищенным воздухом.

В настоящее время химическая технология торфяных сорбентов приобретает новый импульс для развития из-за с ускоренного нарастания потребности в них, экологичности получения и применения, конкурентоспособности, наличия больших запасов и доступности сырьевых ресурсов.

По результатам исследований изданы научные монографии [11, 20, 32] и брошюра [7], а также большое количество научных статей в журналах, сборниках и других изданиях.

Актуальным и перспективным направлением, разрабатывавшимся в довоенное и послевоенное время, было получение из торфа особо ценных химических веществ, в частности торфяного воска. Это направление успешно разрабатывалось большим коллективом специалистов во главе с П. И. Белькевичем. Установлено, что выход и химический состав торфяного воска зависят от типа, вида, степени разложения торфа, природы растворителя (бензина, петролейного эфира, ацетона, бензола, эфира, спиртов и др.), а также от условий извлечения. При экстракции торфа полярными органическими растворителями получался воск, обогащенный смолами (50–70 %), а неполярными – с большей долей восковых компонентов (55–85 %). Методами фракционирования и хроматографии в составе торфяного воска выделено большое количество индивидуальных органических соединений: алифатических углеводородов с углеродными цепями C_{23} – C_{35} , циклических углеводородов с C_{15} – C_{23} , алифатических спиртов C_{20} – C_{30} , циклических спиртов C_{27} – C_{30} , алифатических кислот C_4 – C_{32} , эфиров жирных кислот C_4 – C_{32} и спиртов C_{20} – C_{30} , оксикислот C_{20} – C_{21} , а также терпеновых соединений и многих других (П. И. Белькевич, Л. А. Иванова Ф. Л. Каганович Е. Ф. Долидович, Е. А. Юркевич). Всего удалось расшифровать химический состав более 70 % массы торфяного воска.

Для отработки технологических режимов получения воска из торфа в 1950 г. была построена опытная установка с экстракторами периодического действия, позволявшая перерабатывать до 50 кг торфяного сырья и получать до 2,5 кг воска в час. Организаторами создания этой установки были П. И. Белькевич и А. С. Сасим,

который многие годы был ответственным за ее эксплуатацию. Глубокие и комплексные научные исследования, выполненные под руководством П. И. Белькевича, включавшие оценку сырьевой базы, технологию добычи сырья и его подготовку, технологию экстракции и многие другие вопросы, позволили получить необходимый объем новых знаний, достаточный для научного обоснования, проектирования и строительства предприятия по получению воска из торфа. В коллективе, выполнявшем данные исследования, работали А. С. Сасим, В. М. Цыбулькин, Л. В. Пигуловская, Л. Р. Чистова, Е. С. Лукошко, В. С. Шиманский, А. П. Котковский, и др., среди которых и молодые специалисты: Г. В. Наумова, ныне доктор технических наук, профессор, и П. Л. Фалюшин, ставший доктором технических наук и единственным ученым Института торфа, сделавшим научное открытие в области химии торфа. По итогам исследований в феврале 1955 г. Совет Министров БССР принял постановление о строительстве опытно-промышленного завода горного воска, строительство которого было начато в апреле 1957 г. и закончено в апреле 1961 г. С этого времени завод начал осуществлять промышленное производство торфяного воска. Потребность в нем составляла в 1961 г. 2000 т, а его годовой выпуск был в 20 раз меньше – только 100 т, однако в первый год работы из-за отсутствия хорошей рекламы завод испытывал трудности со сбытом своей продукции.

Торфяной воск обладает уникальным свойством не изменять свой объем при переходе из жидкого (расплавленного) состояния в твердое, и в этом его большое преимущество перед восками другого происхождения – пчелиным, буруогольным и т.п. Благодаря данному свойству торфяной воск оказался незаменимым веществом в качестве основного компонента модельных составов для точного литья металлических изделий. В то время в этом была большая потребность у ракетостроения, самолетостроения, автомобилестроения, танкостроения и у многих других отраслей. К концу 1962 г. Завод горного воска не имел проблем со сбытом своей продукции, а в последующие годы сотни предприятий из разных регионов СССР просили выделить хотя бы по несколько килограммов торфяного воска, его отправляли потребителям посыпками и даже самолётами.

Открылись новые направления и перспективы использования торфяного воска, особенно после его дополнительной глубокой переработки. Завод производил в опытных масштабах обес смоленный воск, спиртовой экстракт смолы торфяного воска, рафинированный и этерифицированный воск, на базе которых был организован выпуск лечебных и косметических препаратов, шлифовально-полировочных материалов и др. Мазь «Торфенал» успешно прошла испытана при

лечении видов экзем, считавшихся неизлечимыми, выпускалась тушь для ресниц, которая, в отличие от зарубежных аналогов, не размывалась под дождем и не раздражала глаза (П. И. Белькевич, Ф. Л. Каганович, Е. Ф. Долидович, Л. С. Шеремет и др.). На основе спиртового экстракта смолы торфяного воска был организован промышленный выпуск шампуней, ранозаживляющих средств для мытья рук, а на основе самого воска – средств для полировки мебели и изделий из кожи, включая обувь.

Со строительством завода по выпуску автомобилей «Жигули» возникла потребность в разделительных составах – антиадгезивов для получения изделий из пенополиуретана. Специалисты Института торфа (П. И. Белькевич, Г. В. Наумова, Г. М. Прохоров, А. И. Некрашевич, Т. Т. Зуев, Н. К. Гречко, Л. А. Иванова, И. В. Колядя, С. В. Зубко, Д. А. Хоняк и др.) вместе с работниками Завода горного воска разработали составы и обосновали новые технические решения по выпуску разделительных смазок для формования изделий из эластичного, полужесткого и интегрального пенополиуретана, вытеснивших зарубежные аналоги, организовали выпуск отечественных смазок «Белка», «Свислочь», «ИТАН», «Дукора» и др. Они были востребованы и внедрены на Сызранском заводе пластмасс, Волжском, Московском, Ижевском и Запорожском автозаводах, а также на многих других предприятиях Советского союза и пользовались большим спросом. Потребность в торфяном воске возрастила из года в год, а его выпуск был ограничен. В стране образовался дефицит торфяного воска.

В октябре 1972 г. принято постановление Совета Министров СССР о реконструкции Завода горного воска и о строительстве нового завода. Реконструкция началась в 1973 г., длилась около 10 лет и фактически представляла собой строительство нового завода на месте бывшего. Строительство второго завода должно было начаться в 1974 г., но оно так и не началось, и вскоре об этом было забыто. В процессе реконструкции в 1980 г. на Заводе горного воска была пущена новая технологическая линия непрерывной экстракции воска из торфа взамен устаревшей линии периодического действия, что позволило увеличить выпуск сырого торфяного воска до 400 т в год. В 1987 г. построен цех по выпуску модельных составов для точного литья с программой 1500 т в год. Были также построены: цех по выпуску антиадгезионных смазок по 1000 т в год; корпус опытных установок; бытовой и административный корпуса; ремонтно-механический цех; склады; котельная; подведена железная дорога; а также 14 жилых многоэтажных домов; школа; больница; детсад-ясли; столовая; магазин; гостиница и др. Как видно, развитие химической технологии торфяного воска привело к раз-

витию социально-бытовой инфраструктуры поселка, и завод фактически стал градообразующим предприятием.

Большой вклад в дело реконструкции Завода горного воска внесли: П. И. Белькевич (автор идеи), директор Института торфа И. И. Лиштван, директор Завода горного воска Ю. Ю. Ячник, главный инженер института И. П. Кленье, заместитель директора института Н. А. Кот, сотрудники Ф. С. Яцевич, В. И. Бакшанский, Р. Я. Семячко и др.

Реконструированный завод работал ритмично и эффективно, но после распада СССР оборвались многочисленные связи с потребителями, и он был вынужденно перепрофилирован на выпуск парафина, который также востребован, но к химии торфа отношения не имеет. В настоящее время появилась идея о возрождении Завода горного воска, однако для этого необходимо пройти долгий и нелегкий путь: поиск инвестора, установление связей с будущими потребителями воска, проектирование, закупка и монтаж оборудования, пуско-наладочные работы и т. д. К данным проблемам следует добавить большой объем работ по уточнению сырьевой базы и организации экономически выгодного использования остатка торфа после извлечения воска – производство должно быть безотходным.

Закончив краткое изложение истории исследований торфяного воска в республике, необходимо указать, что белорусскими учеными изданы научные монографии [2–6], а также большое количество научных статей в журналах, сборниках научных трудов и других изданиях.

В послевоенное время В. Е. Раковским и В. С. Шиманским всесторонне разрабатывалась идея использования малоразложившегося сфагнового торфа в качестве гидролизного сырья. Наиболее глубокие исследования исходного торфяного сырья, механизма его кислотного гидролиза, разработки различных способов его гидролитической деструкции под руководством В. Е. Раковского и В. С. Шиманского выполнены Г. В. Наумовой, В. С. Вернер, Р. Ф. Братишко, Г. А. Евдокимовой, Р. В. Кособоковой, Л. В. Косоноговой, М. Н. Лойко и др.

Методами хроматографии, спектроскопии и другими были установлены состав сахаров в исходном сырье и его изменения при различных режимах гидролиза и баротермохимической обработке торфа, состав карбоновых кислот, доля которых достигает 30 % от всех органических веществ гидролизатов, уроновых кислот, аминокислот, фурановых альдегидов, а также гуминоподобных веществ, синтезируемых в процессе кислотного гидролиза торфа. Установлено, что до 70 % продуктов гидролизата торфа представлено биологически активными веществами. На базе этих исследований Г. В. Наумовой с сотрудниками разработан более дешёвый способ полу-

чения кормовой добавки в виде осахаренного торфа. Основные итоги работ, обобщены в монографии [20], публикацией которой фактически было завершено создание нового направления в науке и гидролизной промышленности – гидролитической и термобиохимической переработки торфа.

Проведенные работы явились основанием для создания в 70-х гг. прошлого столетия Институтом торфа АН БССР совместно с латвийским Институтом химии древесины технологии гидролиза сфагнового торфа концентрированной серной кислотой в шнековых аппаратах истирающего действия, позволяющей получать гидролизаты, обогащенные моносахаридами, карбоновыми кислотами и гуминоподобными веществами, синтезируемыми в процессе кислотного гидролиза торфа. Указанная технология апробирована и отработана на опытно-промышленной установке Бобруйского гидролизного завода. Полученные торфяные гидролизаты использовались в качестве добавок к древесным гидролизатам при выращивании белковых кормовых дрожжей. Такие торфяные добавки способствовали повышению выхода самих дрожжей, а также увеличению содержания в них белка.

Работами, проведенными в данный период в содружестве с Институтом микробиологии АН БССР, показано, что торфяные гидролизаты эффективны в качестве субстратов при выращивании также каротино- и липидообразующих дрожжей. При этом из 1 т сухого вещества торфа можно получать до 200 кг дрожжей, стоимость которых находится на уровне их аналогов, выращиваемых на древесных гидролизатах.

На территории Латвийской ССР под Ригой был построен опытно-промышленный цех по гидролизу сфагнового торфа с получением углеводной кормовой добавки для сельскохозяйственных животных – торфяной мелассы. При этом второй очередью строительства намечалось создание дрожжевого производства на торфяных гидролизатах, однако распад Советского Союза не позволил завершить совместные работы.

Исследования углеводно-гуминового комплекса торфа разного уровня гумификации и его превращений при химической переработке, проведенные в Институте торфа АН БССР в 60–90-х гг. XX в., дали возможность вплотную подойти к разработке технологических решений по получению на основе ценного торфяного сырья гумат-содержащих биологически активных регуляторов роста растений, стимуляторов роста дрожжевых микроорганизмов, кормовых добавок.

В. Е. Раковским, Л. Б. Элькинд, Г. А. Евдокимовой, Л. В. Косоноговой разработаны способы активизации гуминовых веществ торфа методами низкотемпературного хлорирования в водной среде с получением хлоргуматов, обработки слабой азотной кислотой с получением нитрогу-

матов, аммиаком под давлением при температуре до 120–160 °С, а также окислением торфа и остатка после его кислотного гидролиза в щелочной среде при избыточном давлении. Препараты, полученные этими способами, были испытаны в растениеводстве, животноводстве и микробиологическом производстве с положительными результатами.

Г. В. Наумовой разработана классификация биологически активных веществ торфа, которая включает группы веществ растительного, микробного и минерального происхождения. В составе биологически активных веществ выделены ферменты, витамины, гормоны, спирты, карбоновые кислоты, терпены, альдегиды, глико-протеины, уроновые кислоты, пектины, биогенные амины, фенольные соединения, стерины и другие метаболиты органической природы. В состав продуктов гумификации в классификации включены гуминовые кислоты, фульвокислоты и гиматомелановые кислоты, гумин, а также гуминоподобные вещества — меланоидины, образующиеся при взаимодействии азотсодержащих веществ с углеводами. К биологически активным минеральным веществам торфа отнесены йод, железо, медь, кобальт, марганец, магний и др.

Углубленные исследования химической природы биологически активных веществ торфа, продуктов его химической и радиационной деструкции, выполненные Г. В. Наумовой, Н. Ф. Сорокиной, Л. В. Косоноговой, Р. В. Кособоковой, Н. Л. Макаровой, Н. А. Жмаковой, Т. Ф. Овчинниковой и другими, явились научной основой для разработки нового поколения биологически активных препаратов различного назначения. Показано, что в процессе окислительно-гидролитических и ионизирующих воздействий на торф происходят разрыв химических связей в органических и органо-минеральных веществах торфа, частичная деструкция высокомолекулярных соединений, улучшение их растворимости в водной и водно-щелочной средах, образование биологически активных веществ вторичного происхождения, что позволяет целенаправленно получать препараты, содержащие не только гуминовые вещества, но и другие биологически активные компоненты. Установлено, что такие препараты обладают мембронотропным действием, проявляют ростостимулирующие, аллелопатические, антиоксидантные свойства, повышают резистентность организма к неблагоприятным факторам среды. На базе этих исследований созданы технологии производства регуляторов роста и средств защиты растений гуминовой природы методом окислительной деструкции (оксидат торфа, оксигумат, сфагнин), методом гидролиза торфа (гидрогумат) и путем ионизирующего излучения (гамма-гумат), а в последние годы — консерванта кормов (гумоплюс), жидких гуматсодержащих микроудобрений МАГ, новых форм

минеральных удобрений (комплексных, азотных, фосфорных, калийных), содержащих гуминовые препараты, и биологически активных кормовых добавок для повышения иммунитета и продуктивности животных («Гумосил», «Гуметан», «Эколин», «Ипан»). Гуминовый препарат «Оксидат торфа» прошел соответствующие испытания и используется в бальнеологии и косметике.

Производство многих из перечисленных препаратов освоено в опытно-промышленном масштабе, а удобрений — на промышленных предприятиях «Гродно-Азот» и «Гомельский химический завод».

Еще в 1959 г. группой сотрудников под руководством В. Е. Раковского при хлорировании прогидролизованного торфа получены водорастворимые вещества, обладающие свойствами гербицидов и стимуляторов роста растений. Это положило начало новому направлению использования торфа и продуктов его химической переработки, которое связано с разработкой методов получения биологически активных веществ с фунгицидными свойствами. Совместное применение гуминовых препаратов со средствами защиты растений существенно снижает вредное воздействие пестицидов на растения и позволяет уменьшать их дозы до 50 % (Г. В. Наумова). В XXI в. получены и испытаны с положительными результатами перспективные препараты на основе модифицированного торфа для хранения фруктов и овощей, а также для консервации музейных ценностей (А. А. Хрипович). Фактически формируется новое направление в науке и практике защиты растений, включая хранение урожая, с использованием препаратов на основе торфа.

В последнем десятилетии в Институте исследованы биологически активные вещества растений-торфообразователей (А. А. Хрипович, Т. Л. Зайцева), причем особое внимание уделено лекарственным растениям родов *Salix*, *Comarum* и др.

Биологически активные препараты из торфа применяются не только в сельском хозяйстве, но и в бальнеологии и косметике. Ф. А. Пунтус, В. В. Смирнова и др. разработали способ получения биологически активных лечебных грязей путем химической модификации торфа и сапропеля бикарбонатом натрия, переводящим гуминовые вещества из нерастворимой и биологически инертной формы в растворимую и биологически активную. Медицинские испытания показали перспективность применения таких грязей для ускорения срастания мышечных и нервных волокон после операций.

Г. В. Наумовой и Р. В. Кособоковой вместе с сотрудниками Института глазных болезней и тканевой терапии им. В. П. Филатова разработан способ получения летучих биологически активных аминов из торфа для лечения глазных бо-

лезней, выпускаемых одесским заводом «Биостимулятор».

Таким образом, многолетние исследования в области получения биологически активных веществ торфа позволили создать конкурентоспособные биологически активные препараты, которые сегодня успешно продаются на внутреннем рынке Беларуси и начинают поставляться на экспорт. Поскольку такие препараты не являются синтетическими и производятся на основе экологически чистого природного сырья, то в обозримом будущем их использование будет многократно расширяться во многих странах.

Другое направление – получение биологически активных препаратов на основе химических соединений, выделяемых из торфяного воска, преимущественно для медицины и косметики, – также успешно развивалось. Это направление появилось на базе глубокого изучения состава торфяного воска большим коллективом специалистов под руководством П. И. Белькевича. Из смолы сырого торфяного воска выделены биологически активные фракции, на основе которых получены мази для лечения кожных заболеваний, в том числе таких видов экземы, которые не лечились другими способами, а также для заживления ран, предотвращения выпадения и ускорения роста волос, косметические мази, шампуни, мыла, тушь для ресниц, помады и другие препараты, которые были широко представлены на рынке (П. И. Белькевич, Ф. Л. Каганович, Е. Ф. Долидович, Л. С. Шеремет). Однако в связи с прекращением производства торфяного воска после распада СССР выпуск таких препаратов прекратился.

Развитая система полисопряженных связей в молекулах гуминовых кислот послужила теоретической базой для создания технологии получения торфяного красителя изделий из древесины, синтетических волокон, бумаги, тканей, кожи и так далее, превосходящего синтетические аналоги по красящим свойствам и светостойкости (С. С. Маль, А. П. Гаврильчик и др.). Лучшим сырьем для него служит торф верхового типа с высокой степенью разложения: пущевый, сосновый, сосново-пушицевый и др. Красящие свойства природных гуминовых веществ могут быть усилены применением специального способа хранения торфа в штабелях при температурах около 70 °C, а также его обработкой водным аммиаком при температурах 120–160 °C и давлении до 2–3 атм. Варьируя разными видами сырья, технологическими режимами и добавками, можно получать красители разных марок с заданными свойствами. Вышеупомянутыми исследователями разработан способ получения гуминового преобразователя ржавчины. Преимуществом применения данных препаратов, по сравнению с синтетическими, является экологичность их получения и отсутствие необходимости примене-

ния вредных для здоровья органических растворителей для приготовления рабочих растворов.

С 1973 г. под руководством академика И. И. Лиштвана разрабатывается коллоидно-химическое направление в изучении и использовании торфа (А. А. Терентьев, Н. К. Ельницкая, Г. П. Бровка, А. М. Лыч, А. М. Абрамец, В. М. Дударчик, И. В. Дедюля, В. М. Крайко, А. В. Быстрыя, Т. П. Смычник, С. И. Коврик, Е. Н. Ровдан, Е. В. Гапанович, Ю. Г. Янuta и др.). Вместе с российскими учёными М. П. Воларовичем, Н. М. Чураевым, Н. М. Гамаюновым) установлено, что разные виды торфа представляют собой сложные многокомпонентные полифункциональные, полифракционные высокомолекулярные полу-коллоидные системы с признаками полиэлектролитов и микромозаичной гетерогенности. Основными кинетическими единицами торфяных систем являются проницаемые для воды и ионов агрегат-ассоциаты макромолекул существующих компонентов. Основу внутриагрегатных и межагрегатных взаимодействий составляют межмолекулярные водородные, гетерополярные и другие химические связи.

И. И. Лиштван, А. М. Абрамец вместе с российскими и украинскими учёными (Н. М. Чураевым, Н. Н. Круглицким, В. Ю. Третинником) показали применимость к торфяным системам правила динамического дисперсионного равновесия: компактно агрегированное состояние ↔ гель ↔ золь ↔ истинный раствор.

Исследования коллоидных свойств солевых форм гуминовых веществ торфа, процессов их агрегации–дезагрегации в зависимости от степени ионизации молекулярных фрагментов позволили обосновать физико-химические принципы и технологию фракционирования гуминовых кислот для получения стандартизованных гуминовых препаратов сельскохозяйственного и природоохранного назначения (И. И. Лиштван, А. М. Абрамец, Ю. Г. Янuta).

И. И. Лиштваном с сотрудниками впервые экспериментально показано, что водорастворимые гуминовые вещества регулируют процессы массопереноса в дисперсных торфяных системах при содержании в них влаги в области гигроскопического состояния, при котором влага находится в форме тонких смачивающих пленок на поверхности частиц твердой фазы.

Методами коллоидно-химических исследований изучены закономерности формирования пористой структуры торфа в естественных условиях и при производстве готовой продукции на его основе, закономерности массопереноса в торфяных залежах и при сушке добывого торфа, изучены свойства коллоидной фракции торфа и его гидрофильтрующие свойства, особенности набухания торфа в различных средах, электропроводность, диэлектрические и электрохимические явления в торфяных системах, молекуляр-

ный механизм взаимодействия между частицами торфа при брикетировании (И. И. Лиштван, А. А. Терентьев, Г. П. Бровка, А. М. Абрамец, А. М. Лыч и др.), что позволило разработать методы регулирования процессов структурообразования в торфе путем сочетания механического воздействия и физико-химической модификации торфа электролитами и поверхностно-активными веществами. На этой основе созданы экологически безопасные сорбционные материалы и технологии очистки сточных и технологических вод от тяжелых металлов и углеводородов.

Установлены закономерности взаимодействия торфа с поверхностно-активными, высокомолекулярными соединениями и электролитами и выявлены особенности их влияния на дисперсность и реологические свойства торфяных систем в зависимости от природы и концентрации модифицирующих соединений. На этой основе разработана новая технология получения коммунально-бытового топлива с улучшенными физико-механическими свойствами (И. И. Лиштван, А. А. Терентьев и др.).

Г. П. Бровка разработал методы безреагентного получения гуминовых веществ путем пропускания электрического тока через слой торфа. Такие гуминовые вещества не содержат примесей химических реагентов и могут успешно применяться для очистки почв от радионуклидов. Безреагентное получение гуминовых веществ – новое направление в химической технологии торфа, которое может оказаться особенно перспективным для получения медицинских и биологически активных препаратов, комплексообразующих добавок (лигандов) к геотехнологическим растворам и др.

По итогам исследований коллоидно-химических свойств торфа опубликованы монографии [1, 8, 16, 18, 27], а также учебное пособие для вузов [17] и большое количество научных публикаций в журналах и сборниках статей.

В комплексе технологий по химической переработке торфа большое значение имеет сохранение состава и свойств торфяного сырья в процессах его добычи и хранения. Эта проблема не возникла до тех пор, пока торф использовался на топливо и органические удобрения. Однако когда его начали использовать в качестве химического сырья, в частности для гидролиза, получения воска, гуминовых препаратов, активированных углей, сорбентов, лекарственных средств итак далее, возникла проблема несоответствия результатов исследований химического состава торфа из неосущенных и осущенных торфяных залежей. Данные химических анализов образцов торфа, отобранных из неосущенных торфяных залежей при разведке торфяных месторождений, существенно отличались от данных, полученных при характеристике торфяного сырья, добываемого промышленными способами из этих же торфя-

ных месторождений. Дело в том, что в неосущенных торфяных залежах поры торфа заполнены водой, температура и связанный с ней тепло- и массоперенос изменяются незначительно. В таких условиях преобладают анаэробные биохимические и физико-химические процессы, мало изменяющие химический состав торфа. В результате осушения в поры торфа вместо удаленной воды заходит воздух, поэтому анаэробные процессы сменяются аэробными, снижение влажности усиливает процессы тепло- и массопереноса в осушенному слое и многократно интенсифицирует процессы разложения органического вещества. В этих условиях торф находится в течение длительного времени с момента осушки до начала добычи, что составляет обычно 2–3 года и более. Кроме этого, торфяные залежи, подготовленные к добыче торфа, подвергаются воздействию солнечного света, что обуславливает фотохимические изменения многих компонентов торфа.

А. П. Гаврильчиком, С. С. Маль, А. В. Быстрой, Т. Я. Кащинской, Г. И. Максименок, С. С. Поварковой, Н. В. Шевченко, Т. А. Пискуновой и др. выполнен большой комплекс исследований изменения химического состава торфа при осушении торфяных месторождений и добыче торфа. Они установили, что итогом всех вышеуказанных процессов являются окислительная, биохимическая и фотохимическая деструкции органического вещества, интенсификация его минерализации под влиянием биотических и абиотических факторов, что в большой степени изменяет первоначальный химический состав торфа. Потери углеводного комплекса торфа только в результате осушки торфяных залежей могут достигать 20 %, воска, извлекаемого бензином, до 15–25 % по сравнению с содержанием в неосущенных торфяных залежах. Существенные изменения происходят в гуминовом комплексе, включая изменения молекулярной структуры гуминовых веществ за счет параллельных процессов их деструкции и конденсации. Значительные изменения происходят в составе минеральной части торфа. В торфяной воде возрастает содержание органических и минеральных компонентов в 1,2–2 раза, в торфе верхового и переходного типов снижается кислотность. В целом торфяное сырье, извлеченное из осущенных торфяных залежей, по многим характеристикам отличается от нативного торфа.

Последующая добыча торфа на осущенных торфяных залежах, включая экскавацию и сушку торфа, его уборку и хранение сопровождается усилением биохимических, фотохимических и физико-химических превращений состава и свойств торфяного сырья, величина и интенсивность которых определяются применяемыми технологиями и метеорологическими условиями. Впервые показано, что наибольшие изменения

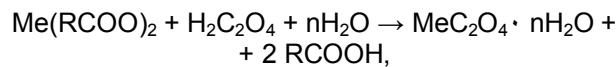
состава и свойств торфа происходят при добыче фрезерным способом в условиях жаркого и сухого сезона.

Эти исследования А. П. Гаврильчика и его сотрудников имеют принципиальное значение для оценки сырьевых баз, проектирования и организации производств по химической переработке торфа не только в Беларуси, но и в других государствах, поскольку ими были установлены закономерности общенаучной значимости. На основании полученных результатов А. П. Гаврильчиком, С. С. Маль, В. Б. Кунцевичем, В. И. Бакшанским, С. Т. Мультан, А. А. Сероокой обоснованы технологические приемы сушки торфа, позволяющие в значительной степени избежать вышеуказанных негативных процессов на стадии подготовки сырья для химической переработки. Результаты данных исследований обобщены в монографии [10].

Не менее глубокие изменения состава и свойств торфа и его компонентов происходят в процессе хранения в складочных единицах, особенно при саморазогревании. Эта проблема решалась комплексно под руководством директора Института торфа Н. С. Панкратова большим коллективом специалистов (С. С. Маль, П. Л. Фалюшин, А. П. Гаврильчик, Г. В. Наумова, Н. Ф. Сорокина, Ю. М. Плоткина, Г. И. Максименок, З. М. Сливка, С. С. Поваркова, А. А. Бузук, Т. А. Шинкарева, Т. А. Третьякова, В. С. Позняк, Т. Я. Кашинская, В. В. Марыганова, С. М. Турandin и др.). Были изучены превращения компонентов органического вещества – битумов, углеводов, гуминовых соединений, лигнина, аминокислот и так далее, динамика развития мокробоценозов в штабелях торфа, установлена взаимосвязь между составом и молекулярной структурой гемицеллюлоз и интенсивностью разогревания торфа, доказано, что взаимодействие углеводов и аминокислот в штабелях греющегося торфа протекает по механизму карбонил-аминной конденсации с образованием меланоидинов.

Выдающимся научным достижением в области химии торфа явилось открытие П. Л. Фалюшиным механизма образования пирофорных веществ при саморазогревании. Он впервые установил, что пирофорные вещества не присутствуют в исходном автоокисляющемся материале, а образуются при его саморазогревании в складочной единице в результате гидролитических процессов, ионообменных и окислительно-восстановительных реакций, в которых принимают участие органические и минеральные соединения. П. Л. Фалюшин доказал, что образование пирофорных веществ в торфе при его саморазогревании происходит в несколько стадий. В начальной стадии до 60 °C протекают микробиологические и ферментативные процессы, при которых изменения химического состава торфа

незначительны, в области температур 60–95 °C происходит термогидролиз и окислительная деструкция компонентов органического вещества, в том числе полисахаридов с образованием карбоновых кислот (щавелевой, уксусной и др.), которые вступают во взаимодействие с органоминеральными и минеральными соединениями с образованием солей по реакции



где Me – Ca²⁺, Fe²⁺ и др.

Обнаружены моногидрат оксалата кальция CaC₂O₄·H₂O и дигидрат оксалата двухвалентного железа FeC₂O₄·2H₂O.

При снижении влажности торфа до 5–10 % в момент вскрытия штабеля или образования в нем трещин происходит сорбция воздуха «полукоксом» и подъем температуры до 120–160 °C, что приводит к дегидратации оксалата железа: FeC₂O₄·H₂O → FeC₂O₄ + 2H₂O и его восстановления до пирофорных соединений – нестехиометрического юстита и металлического железа: FeC₂O₄ → [Fe_{1-x}O, Fe⁰] + CO + CO₂, последующее окисление которых до оксидов протекает с выделением энергии, достаточной для появления очага самовозгорания: 2Fe_{1-x}O + ½ O₂ → Fe₂O₃ с тепловым эффектом ΔH = -294 КДж, окисление пирофорного железа -2 Fe⁰ + 3/2 O₂ → Fe₂O₃, ΔH = -821 КДж.

Образование оксалата двухвалентного железа и продуктов его низкотемпературного фазообразования при автоокислении и самовозгорании торфа доказано методами термического и рентгеноструктурного анализа, ядерной гамма-резонансной спектроскопии и другими методами.

В 2010–2011 гг. теория П. Л. Фалюшина подтверждена исследованиями Т. П. Смычник по окислению торфа пероксидом водорода в присутствии соединений железа и без них. По-видимому, эта теория имеет более широкую применимость, чем полагал ее автор.

Результаты исследований группы специалистов, руководимой Н. С. Панкратовым, позволили разработать способы прогнозирования и торможения процессов саморазогревания и предупреждения самовозгорания торфа и снижения его потерь при хранении. По материалам исследований были изданы научные монографии [19, 21].

Существенным вкладом в развитие химической технологии торфа являются исследования Ф. С. Яцевича, посвященные разработке специальных методов добычи и подготовки торфяного сырья для химической переработки.

Ф. С. Яцевич обосновал целесообразность комбинированного использования фрезерного и мелкокускового торфа для получения кормовых дрожжей в связи с быстрым разрушением угле-

водов при длительном хранении фрезерного торфа в штабелях. При хранении мелкокускового торфа потери углеводов многократно меньше, но при этом требуется дополнительное дробление сырья. Для обеспечения работы гидролизного цеха кондиционным сырьем целесообразно сначала (не более 180 дней в году) использовать фрезерный торф, а затем – мелкокусковой. Им рекомендованы наиболее подходящие дробилки для подготовки мелкокускового торфа к кислотному гидролизу.

Для получения торфяного воска Ф. С. Яцевичем обоснован глубинно-щелевой способ добычи торфа с формованием в процессе добычи. Получающиеся при этом частицы обеспечивают наибольший выход воска из торфа, а торфяное сырье для извлечения воска получается более однородным за счет перемешивания разных слоев торфяной залежи при глубинном фрезеровании.

Для получения высококачественных сорбентов торф следует гранулировать или использовать фракцию определённого размера, образующуюся при дроблении мелкокускового торфа. Ф. С. Яцевичем разработаны конструкции фильтерного и валкового грануляторов непрерывного действия, шнековый пресс для механической переработки торфа, а для стандартных грануляторов он предложил дополнительные устройства, учитывающие особенности торфяного сырья и обеспечивающие его наилучшую грануляцию.

Изготовленное по разработкам Ф. С. Яцевича технологическое оборудование использовалось не только в Беларуси, но и в других регионах СССР. Результаты его многолетних исследований обобщены в монографии [33], в которой рассмотрены особенности подготовки торфяного сырья для кислотного гидролиза, получения сорбционных материалов и торфяного воска. Несмотря на то, что с момента ее публикации прошло более 30 лет, она остается пока единственным пособием по добыче и подготовке торфа для химической переработки, потому что после реорганизации Института торфа в 1990 г. это направление исследований не получило развития.

Научные исследования по применению торфа в сельском хозяйстве ведутся со времени организации Института торфа АН БССР, а в 1943 г. в институте была создана профильная лаборатория, однако до 1967 г. исследования по применению торфа в сельском хозяйстве развивались без химической модификации сырья и были направлены на разработку механизированных технологий добычи, использования на подстилку скоту, приготовления компостов, в качестве органических удобрений, мелиорантов дерново-подзолистых почв и в теплицах.

В 1967 г. в Институте торфа создана лаборатория гуминовых и биологически активных ве-

ществ с целью выполнения исследований по химической модификации органического сырья для повышения эффективности органических и органо-минеральных удобрений. В 60–70-х гг. ХХ в. впервые были всесторонне изучены биологическая активность, коэффициенты агрономической эффективности и агрохимические свойства разных генетических типов, групп и видов торфа из многих торфяных месторождений БССР по показателям обменной и гидролитический кислотности, суммы обменных оснований и степени насыщенности ими поглощающего комплекса, содержанию разных форм азота, валовых и доступных форм фосфора и калия – всего более 450 образцов (А. В. Тишкович, Т. Д. Прасолова, Р. П. Шурыгина, Т. Д. Шинкарева, Т. А. Третьякова и др.). Получены зависимости и проанализированы корреляционные связи между 35 признаками торфа в пределах типов, видов и отдельных месторождений. На основе этих результатов рекомендованы лучшие виды торфа для подстилки скоту, тепличных грунтов, компостов и новых видов удобрений. Сделан вывод о том, что в естественном состоянии торф обладает низким эффективным и высоким потенциальным плодородием, поэтому для получения эффективных удобрений необходимо осуществить его модификацию физико-химическими и биологическими методами, в том числе путем обогащения доступными для растений формами фосфора, калия, азота и перевода биологически активных веществ в водорастворимое состояние.

Аммиак оказался одним из наиболее подходящих модификаторов агрономических свойств торфа, так как он обеспечивал перевод лабильной части гуминовых веществ в водорастворимое состояние и обогащал торф доступными для растений формами азота. В 1960–1980-х гг. в СССР широко использовали в качестве азотных удобрений аммиачную воду и безводный аммиак из-за их сравнительно небольшой стоимости, что быстро привело к повсеместной дегумификации почв, поскольку при взаимодействии аммиака с гуминовыми веществами почвы получались водорастворимые гуматы аммония, легковымываемые атмосферными осадками, а почвенно-грунтовые воды загрязнялись водорастворимыми органическими веществами. Для предотвращения этого было целесообразно вводить в почву аммиак, предварительно связанный с органическим веществом торфа.

Углубленное изучение сорбционной способности торфа по отношению к аммиаку (А. В. Тишкович, С. С. Маль, Н. С. Панкратов, А. П. Гаврильчик, З. М. Сливка, С. С. Поваркова и др.) показало, что при его взаимодействии с органическим веществом происходят реакции обмена ионов водорода карбоксильных групп и фенольных гидроксилов на ионы аммония, а также реакции карбониламинной конденсации, амини-

рования и так далее, в результате которых от 10 до 30 % прореагированного аммиака необменно присоединяется к торфу. Из общего количества поглощенного торфом аммиака 75–80 % связывается гуминовыми веществами в обменной форме, другие компоненты торфа поглощают аммиак в несколько раз меньше.

При аммонизации торфа из нерастворимых в воде и биологически инертных гуминовых веществ образуются водорастворимые биологически активные гуматы аммония и, кроме того, 10–13 % недоступного растениям азота торфа переходит в доступные формы, коллоидные и высокомолекулярные соединения торфа при аммонизации изменяются в сторону повышения гидрофильтности, поэтому влагоемкость аммонизированного торфа на 15–38 % выше, чем исходного. Внесение в почву аммонизированного торфа повышает ее влагоемкость в 3 раза эффективнее по сравнению с неаммонизированным, что принципиально важно, особенно в периоды кратковременных атмосферных засух.

На базе теоретических исследований по аммонизации торфа разработаны две технологии производства торфогуминовых удобрений: одна из них – получение таких удобрений с одновременным внесением их в почву непосредственно в процессе вспашки, вторая – получение торфогуминовых удобрений в запас для складирования и хранения в течение 1–1,5 мес., что давало возможность более рационального использования их во времени. Такие удобрения устойчиво обеспечивали прибавки урожаев зерновых культур по 3,2–3,4 ц/га, картофеля по 27–28 ц/га по сравнению с эквивалентным количеством минеральных удобрений и торфа. В 1971–1981 гг. в сельском хозяйстве республики ежегодно использовалось до 1,5 млн. т таких удобрений. Их производство было прекращено в связи с тем, что в СССР вместо безводного аммиака и аммиачной воды повсеместно стали применять карбамид и другие твердые формы азотных удобрений.

Взамен торфогуминовых удобрений Г. А. Соколов, А. В. Тишкович, Р. Ф. Братишко, Т. А. Шатихина, Т. Д. Беляевская, И. В. Симакина, Л. П. Васько, Н. С. Гаврильчик, Е. Н. Сосновская, Е. С. Стельмах обосновали, разработали и внедрили новую ресурсосберегающую технологию механизированного производства сбалансированных органо-минеральных удобрений с заданными свойствами путем физико-химической модификации смесей на основе торфа, сапропеля, полужидкого навоза и соломы минеральными удобрениями и специальными добавками. Было построено несколько цехов с производительностью по 30 тыс. т и 70 тыс. т в год удобрений. Такие удобрения превосходят торфонавозные компости по агрономической, экономической, и энергетической эффективности благодаря строгому соблюдению рецептуры их приготовления,

но и они имеют существенный недостаток в связи с многотоннажностью доз их внесения в почву.

Для достижения еще большей эффективности А. В. Тишковичем, Г. П. Вирясовым, Т. А. Шатихиной, Г. А. Соколовым, В. Г. Шныриковым и др. разработана технология получения комплексных органоминеральных удобрений, содержащих 70 % минеральных туков и 30 % торфа. Опытная установка была построена в 1979 г. на экспериментальной базе «Дукора». Идея создания таких удобрений весьма привлекательна, так как вынос из почвы питательных веществ с атмосферными осадками из гранулированных удобрений уменьшается на 35–40 % и в 1,5–2 раза снижается коррозионный износ машин и механизмов по сравнению с минеральными удобрениями. По многолетним данным, в сравнении с эквивалентом исходных не гранулированных компонентов прибавки урожаев картофеля составили 27–28 ц/га, зерновых культур – 3,4–3,8 ц/га за счет повышения коэффициента использования питательных веществ.

В 1980-х гг. получены исходные данные для проектирования цеха с производительностью 20 тыс. т в год гранулированных удобрений, но в связи с распадом Советского Союза цех не был построен. В настоящее время вновь появилась потребность в таких удобрениях, и Г. А. Соколовым с сотрудниками проводятся исследования по усовершенствованию технологии с учетом появления новых видов технологического оборудования, в частности грануляторов, сушилок и др.

Органо-минеральные удобрения являются тем разумным компромиссом между минеральными и органическими удобрениями, который человечество ищет в течение последних 100 лет. Без преувеличения можно сказать, что органо-минеральным удобрениям принадлежит будущее, и в XXI в. они станут главным средством управления агрохимическими и биологическими свойствами почв, потому что в расчете на 1 тонну получаемой сельскохозяйственной продукции они эффективны агрономически, экономически, энергетически и экологически. Основные результаты исследований аммонизации торфа и получения комплексных органоминеральных удобрений изложены в монографиях [9, 28–31].

За последние 5 лет Г. А. Соколов, А. П. Гаврильчик, В. В. Марыганова, Т. Я. Кащинская, С. И. Коврик и др. при участии специалистов Института почвоведения и агрохимии создали конкурентоспособную технологию и организовали на ОАО «Зеленоборское» производство пяти видов жидких биологически активных микроэлементных гуминовых удобрений типа «Эле-гум», которые в перспективе могут в большой степени заменить импортные жидкие микроэлементные удобрения, не содержащие биологически активных веществ. Теоретической базой создания таких удобрений являются результаты

многолетних исследований особенностей молекулярной структуры гуминовых кислот разных типов и видов торфа и их взаимодействия с ионами цинка, меди, марганца, железа, соединениями бора при различных условиях (рН, концентрации, соотношения, введение добавок, режимы получения гуминовых веществ, режимы и последовательность смешивания компонентов и др.). В 1 л таких удобрений содержится доза микроэлемента и биологически активного вещества, необходимая для полного обеспечения 1 га посевов сельскохозяйственных культур.

По результатам полевых испытаний, выполненных специалистами Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси на дерново-подзолистых почвах, применение жидких микроэлементных гуминовых удобрений «Элегум» в дозах 0,5–2 л/га обеспечивает получение прибавок урожаев зерна озимой пшеницы 5,6–8,8 ц/га, ячменя 5,0–8,1 ц/га, зеленой массы кукурузы 40–85 ц/га, зерна кукурузы 10–20,6 ц/га, соломки льна-долгунца 4,9 ц/га, семян льна масличного 5,2–5,3 ц/га, сахарной свеклы 36–53 ц/га с увеличением выхода сахара на 3,3–10,5 ц/га. При этом улучшается качество продукции: содержание белка в зерне пшеницы увеличилось на 0,5–0,8 %, а содержание клейковины на 2,4–4,2 %.

Стоимость получаемого дополнительного урожая многократно превышает стоимость средств, затрачиваемых на приготовление и внесение удобрений типа «Элегум». Дополнительная выгода состоит еще и в том, что в данных удобрениях одновременно присутствуют микроэлементы и биологически активные вещества, поэтому вдвое сокращаются затраты на их внесение по сравнению с раздельным применением микроэлементов и биологически активных веществ.

Действующий в Беларуси цех по выпуску таких удобрений может удовлетворить потребность республики примерно на 10 %, поэтому ставится вопрос о строительстве новых цехов в каждой административной области. Еще более масштабным ожидается в ближайшее время применение микроэлементных гуминовых удобрений в России, Украине, Казахстане, а также в странах Западной Европы, Африки, Азии и Америки, ибо без применения микроэлементов и биологически активных веществ невозможно гарантированно получать урожай 70–100 ц/га зерна и более даже на самом благоприятном агрохимическом фоне.

Изложение основных направлений химической переработки торфа с получением разнообразных продуктов было бы неполным без упоминания о том, что в 70-х гг. XX в. разработано ТЭО строительства в Беларуси предприятия по комплексной переработке 500 тыс. т торфа в год с выпуском 15 тыс. т кормовых дрожжей, 80 тыс. т осахаренного торфа, 1,6 тыс. т торфяного воска,

10,5 тыс. т активированных углей и 108 тыс. т гранулированных органоминеральных удобрений. Расчетная стоимость всей выпускаемой продукции в 20 раз превышала стоимость 500 тыс. т торфа, используемого в качестве топлива. Экономическая целесообразность комплексной химической, термической и биохимической переработки торфа вполне очевидна.

Идея комплексного использования торфа и строительства такого предприятия принадлежит выдающемуся ученному В. Е. Раковскому. К сожалению, его идея не была реализована в связи с начинаявшимися экономическими проблемами в СССР, однако в настоящее время она снова возродилась, и уже начаты работы по уточнению запасов сырья на крупном торфяном месторождении Славное и сопутствующих более мелких месторождениях, где предполагается строительство предприятия по комплексной переработке торфа. На крупных торфяных месторождениях сырье характеризуется качественной неоднородностью по залеганию в горизонтальном и вертикальном направлениях (тип, вид, степень разложения, зольность, рН и другие свойства торфа). Преимуществом предприятия по комплексной переработке торфа является возможность параллельного использования разных типов и видов сырья для получения разных видов продукции, а отходы от производства одного продукта могут служить сырьем для производства другого.

Однако в химии торфа развивались не только прикладные исследования. Большой вклад сделан в познание механизмов гумификации в болотной среде и торфообразования, в изучение химического состава и молекулярной структуры отдельных компонентов торфа, а также в расширение и развитие методов исследования химического состава торфа и его компонентов.

Традиционно исследования в области генезиса торфа проводились болотоведами и геологами на уровне торфяных месторождений и отдельных слоев торфяных залежей, преимущественно в полевых условиях при сравнительно простых химических и физико-химических характеристиках. Такой подход был плодотворным лишь до тех пор, пока торф использовался как топливо или органическое удобрение. Развитие химической технологии потребовало более глубоких знаний не только о химическом составе торфа, но и о механизмах образования отдельных его компонентов, о зависимости их химического состава и молекулярной структуры от природных факторов, формирующих торф и торфяные месторождения.

В. Е. Раковский проанализировал развитие представлений о происхождении скоплений органического вещества со времен М. В. Ломоносова и пришел к выводу о том, что авторы отдельных гипотез, расшифровывая механизм распада растений, не объясняли причин накоп-

ления органического вещества, неоднородного и разнохарактерного по составу. Это не позволяло дать полноценную логическую картину генезиса твердых топлив. Отсутствовало описание поведения органического вещества топлив в торфяной стадии и роли данного вещества в последующих превращениях. Фактически это был большой пробел в науке о твердых топливах.

Вместе со своими учениками и соратниками В. Е. Раковский заложил основы нового направления в науке – изучения генезиса торфа и его компонентов на молекулярном уровне. Если болотоведы рассматривали скопления торфа как природные тела, то В. Е. Раковский впервые пошел к генезису торфа с позиций химических превращений органического вещества.

Главным и наиболее дискуссионным был вопрос о происхождении гуминовых веществ. Общепринятой была и продолжает оставаться гипотеза о постмортальном происхождении гуминовых веществ, т. е. об их образовании в результате разложения отмерших растительных тканей микроорганизмами.

В. Е. Раковский выдвинул принципиально новую гипотезу, согласно которой структурные фрагменты молекул гуминовых веществ образуются в живых растениях. Роль микроорганизмов состоит лишь в разложении негумифицированных компонентов растений-торфообразователей и в высвобождении структурных фрагментов гумусовых веществ, которые в торфогенном слое вступают в реакции конденсации и образуют высокомолекулярные гуминовые вещества. Таким образом, разница между гуминовыми веществами торфа и живых растений-торфообразователей заключалась, по В. Е. Раковскому, главным образом в различиях их молекулярных масс и степени конденсированности молекул.

Разрабатывая свою гипотезу, В. Е. Раковский исходил из общеизвестного положения о том, что первичными продуктами фотосинтеза являются углеводы, из которых затем в растениях образуются белки, жиры, лигнин, пигменты и все остальные вещества растительного происхождения. Особое значение он придавал процессам циклизации углеводов в растениях с образованием ароматических соединений, которые могут образовать как лигнин, так и конденсированные протогуминовые вещества.

Согласно его гипотезе, в живых растениях под влиянием ферментов сначала происходит конденсация углеводов с образованием циклических насыщенных соединений – предшественников гуминовых веществ, которые после отмирания растений подвергаются в торфогенном слое процессам дегидратации с образованием ароматических циклов под влиянием ферментов микроорганизмов. В. Е. Раковский указывал, что процесс циклизации моносахаридов энергетически выгоден для растений, поскольку при этом

высвобождается 9 калорий на одну или две молекулы монноз. Более того, он допускал, что в холодный период в растениях может происходить не только циклизация моносахаридов, но и ароматизация с выделением дополнительного 11 калорий на каждую молекулу образующейся в этом процессе воды.

Процесс дегидратации углеводов с образованием ароматических циклов был осуществлен в лабораторных условиях при попеременном кислотном и щелочном кислотном гидролизе растительных тканей (В. Е. Раковский, В. А. Батура, Е. С. Лукошко, Л. В. Сукало). В результате они получили из многих видов растений-торфообразователей (ольхи, тростника, рогоза, осок, гипновых и сфагновых мхов и др.) вещества, похожие на гуминовые кислоты по внешнему виду, элементному составу, содержанию карбоксильных групп, фенольных гидроксилов и метоксилов, а также по физическим свойствам (цвет) и способности растворяться в щелочах и осаждаться кислотами.

Однако сторонники гипотезы постмортального происхождения гумусовых веществ, оппонируя этим результатам, утверждали, что в естественной среде не существует таких условий (температуры, кислотности, щелочности), при которых проводились химические опыты учениками В. Е. Раковского, что ставило под сомнение гипотезу об образовании гуминовых кислот в живых растениях.

По инициативе В. Е. Раковского поставлены балансовые исследования, которыми хотя и не было окончательно доказано образование гуминовых веществ в живых растениях, но сами по себе эти опыты позволили получить богатейший и новый научный материал по генезису и молекулярной структуре других компонентов торфа – целлюлозы, гемицеллюз, пектинов, битумоидов, азотсодержащих и других веществ. Впервые был глубоко изучен химический состав органических и минеральных компонентов большого разнообразия болотных растений моховой, травяной и древесной групп и сопоставлен с химическим составом разных генетических видов торфа.

Исследование строения углеводных полимеров было доведено до расшифровки состава мономерных структурных единиц и порядка их соединения между собой. Результаты изложены в большом цикле научных публикаций В. Е. Раковского, В. М. Алешиной, Р. Ф. Братишко, В. С. Вернер, Л. В. Пигулевской, А. В. Хоружик, В. Д. Чайковой. Установлены значительные различия растений-торфообразователей по содержанию и составу пектиновых веществ, гемицеллюз и целлюлозы. Особое внимание было уделено изучению соотношения между пентозными и гексозными компонентами углеводов, существенно влияющего на ход торфообразова-

тельного процесса и, как выяснила позже С. С. Маль, на взаимодействие между углеводами и аминокислотами.

В. Е. Раковским и И. В. Зининой обоснована модель мицеллы углеводного комплекса сфагнового мха, которая, по их мнению, состоит из комплекса полиоз относительно низкой степени полимеризации. Обособленные полиозы представлены глюканом, галактаном, ксиланом, арабаном, и рамнаном. Весь этот углеводный комплекс окружен защитной антимикробной оболочкой из сфагнола, чем и объясняется тот факт, что сфагновые виды торфа имеют низкую степень разложения и содержат большое количество (до 60 %) углеводов, не разрушенных микроорганизмами в течение сотен и тысяч лет в процессах торфообразования и торфонакопления.

Специальные опыты, проведенные В. Е. Раковским и Е. С. Лукошко, показали, что удаление сфагнола путем обработки сфагновых мхов горячей водой многократно повышает скорость их разложения в торфогенном слое.

В. С. Вернер впервые были выделены холоцеллюлозы из различных видов растений-торфообразователей и торфов, изучены их физические и химические свойства и расшифрован состав моносахаридов, из которых они построены. Ею установлено, что степень полимеризации у α -целлюлозы мхов, тростника и осок значительно ниже по сравнению с целлюлозой торфообразователей древесной группы. Размер макромолекул целлюлозы у мхов и трав оказался на порядок ниже по сравнению с целлюлозой древесных растений. Так, молекулярные массы целлюлозы из сфагновых мхов, осок и тростника варьировались от 11 340 до 36 774 а. е. м., в то время как у хлопковой целлюлозы они составляют 150 000–500 000, древесной – 90 000–150 000.

Исследования углеводного комплекса в значительной мере способствовали не только пониманию сути процессов торфообразования, но и разработке практических путей использования малоразложившихся сфагновых торфов для получения дрожжей и добавок к кормам домашним животным.

В. Е. Раковским, В. А. Батуро и Л. В. Сукало выполнен значительный объем работ по изучению азотсодержащих веществ различных генетических видов торфа и отдельных компонентов органического вещества и показано, что даже при многократных попеременных обработках гуминовых кислот в щелочной и кислой средах при нагревании не удается удалить азот ниже уровня 1,7 %.

Еще один цикл работ В. Е. Раковского с учениками посвящен изучению закономерностей преобразования торфа в бурье угли. Результатом сравнительных исследований свойств торфа разного геологического возраста, включая межледниковые отложения, было дано объяснение

механизма образования и наличия остаточных углей и выявление двух процессов гумификации. Первый – происходящий в системе растения–торфогенный слой, второй – конденсационно-химический, обуславливающий образование гуминовых кислот за счет конденсационных процессов легкогидролизуемых веществ.

В. Е. Раковский впервые предпринял попытку создать биогеохимический фундамент для понимания процессов накопления органического вещества и превращения его в ископаемые твердые топлива. Он подчеркивал, что первоначальной, определяющей химический состав топлива, является химический состав растений. Однако формирование растительного покрова зависит от гидротермических условий и химического состава болотных вод. Такой поход позволил определить факторы, влияющие на качество торфа, а именно:

- 1) приматом является среда, т.е. условия обитания растений (гидрохимия);
- 2) следствием конкретной среды являются определенные растительные группировки;
- 3) ботанический вид торфообразователей имеет свой характерный, присущий виду химический состав;
- 4) последний обуславливает уровень интенсивности микробиологического распада, который приводит к образованию различных торфов, но всегда определенного состава, предопределенного, в свою очередь, характером и глубину химических превращений топлива в последующих стадиях.

Таким образом, В. Е. Раковский впервые понял, что химический состав торфов зависит от геохимических и гидрохимических условий формирования растительного покрова болот.

Эти выводы подтверждены обширными экспериментальными исследованиями И. И. Лиштвана, Н. Т. Короля [15], которые на основе нескольких тысяч анализов установили наличие достоверных корреляционных связей между содержанием отдельных химических компонентов торфа, с одной стороны, и степенью разложения, зольностью, теплотой горения и величиной pH, с другой стороны, что позволило им разработать простые и быстрые методы оценки качества торфяного сырья для различных направлений использования. Таким образом, предсказанная В. Е. Раковским взаимосвязь между гидрохимическими условиями формирования торфа и его химическим составом была не только окончательно доказана, но и нашла свою практическую реализацию при оценке качества торфа.

После ухода из жизни В. Е. Раковского его ученики и последователи продолжили изучение генезиса торфа на молекулярном уровне. Так, Е. С. Лукошко и др. выполнены углубленные исследования превращений лигнина в процессе гумификации. Установлено, что растения-торфо-

образователи моховой, травяной и древесной групп существенно различаются по содержанию лигнина, извлекаемого водным диоксаном: гипновый мох – 1,3 %, осока – 4,3, тростник – 6,0, древесина ольхи – 12,0 %, т. е. по мере усложнения организации растений в процессе филогенеза содержание лигнина в них многократно возрастает. В этом же филогенетическом ряду в составе диоксанлигнина увеличивается суммарное содержание сиригильных, гвяцильных и 4-оксифенильных структурных единиц: гипновый мох – 7,1 %, осока – 26,5, тростник – 34,0, древесина ольхи – 38,0 %. Показано, что в процессе гумификации растений легкодоступная часть лигнина трансформируется в гуминовые вещества или минерализуется. Труднодоступная его часть сохраняется в гумифицированных остатках, претерпевая глубокие структурные изменения в направлениях окисления, деструкции и конденсации по углерод-углеродным связям и с азотсодержащими веществами. Эти результаты позволили объяснить ранее установленный и казавшийся парадоксальным факт образования в качестве первичных продуктов гумификации высокомолекулярных соединений.

Установлено, что минимуму содержания лигнина во мхах соответствует минимум содержания гуминовых кислот в моховых торфах по сравнению с тростниковым и древесным видами торфа, содержащими максимальное количество гуминовых кислот. При гумификации растений-торфообразователей, богатых лигнином (тростника, вейника, древесных), образуются гуминовые кислоты, обогащенные ароматическими фрагментами, а при гумификации растений, обедненных лигнином, но относительно богатых углеводами и белками, образуются гуминовые кислоты, обогащенные углеводно-полипептидными фрагментами. Биохимическая устойчивость ароматических и углеводно-полипептидных фрагментов различна, поэтому скорость минерализации разных видов торфа также различна, что следует учитывать при их практическом использовании.

Специфичность условий гумификации в болотной среде обуславливает специфичность механизма накопления гуминовых кислот в торфе и особенности их фракционного состава. Установлено, что в торфе нет фракции серых гуминовых кислот в отличие от гуминовых кислот почв и бурь углей (Т. Я. Беленькая, Т. П. Смычник и др.). Данная фракция имеет сравнительно небольшую молекулярную массу и повышенное содержание полярных функциональных групп, поэтому хорошо растворима в воде. Избыток влаги в торфогенном слое при недостатке минеральных компонентов, необходимых для образования нерастворимых минерально-гуминовых веществ, обуславливает вынос с болота почвен-

но-грунтовыми водами серых и аккумуляцию в торфе только бурь гуминовых кислот.

Экспериментально установлено, что макромолекулы гуминовых кислот торфа по сравнению с гуминовыми кислотами почв и бурь углей построены из большего количества структурных ячеек, но с меньшими размерами систем полисопряжения в каждой ячейке. В макромолекулах гуминовых кислот торфа очень высок вклад мостиковых структур в построение систем полисопряжения – 76–86 %, что в 2,5–3 раза выше, чем у гуминовых кислот почв и бурь углей.

Балансовые исследования разложения и минерализации органических соединений в торфяных залежах привели к выводу о зависимости биохимической устойчивости различных классов соединений от их молекулярной структуры. Максимальную скорость минерализации имеют те биополимеры, в макромолекулах которых структурные единицы соединены однотипными химическими связями – целлюлоза, гемицеллюлозы, белки и полипептиды. Значительно медленнее разрушаются биополимеры, структурные единицы которых связаны между собой несколькими типами химических связей – лигнин, гумусовые вещества. Многообразие химических связей затрудняет ферментативную деполимеризацию их макромолекул вследствие специфиности действия ферментов. Второй причиной повышенной биохимической устойчивости гуминовых кислот является наличие в их молекулах ароматических фрагментов с развитыми системами полисопряжения.

Эти результаты послужили теоретической базой для разработки комплекса мероприятий по снижению темпов минерализации органического вещества торфяных почв, по получению органических удобрений на основе торфа, по созданию технологий получения гуминовых препаратов для извлечения металлов из руд и очистки поверхностей от радионуклидов, а также для получения лечебных грязей, обогащенных биологически активными веществами и др.

Таким образом, фундамент научного направления по изучению генезиса торфа на молекулярном уровне, заложенный В. Е. Раковским, не разрушился после ухода выдающегося ученого из жизни. Наоборот, на этом фундаменте ученики и последователи В. Е. Раковского развивают и уточняют идеи учителя, получают новые знания о закономерностях и особенностях процессов гумификации и минерализации органического вещества в болотной среде.

Еще при жизни В. Е. Раковского его научная школа была признана мировым лидером в данном направлении и остается им поныне, потому что его идея об изучении генезиса и свойств торфа и его компонентов на молекулярном уровне оказалась не только новой, но и весьма плодотворной. По результатам исследований была

издана книга В. Е. Раковского, Л. В. Пигулевской «Химия и генезис торфа» [26], и поныне являющаяся единственной всемирно признанной и не-превзойдённой монографией в области генезиса торфа.

Вместе с развитием исследований по химии и генезису торфа развивались работы по освоению современных методов исследований.

Большой вклад в изучение структуры органического вещества торфа, его компонентов и органо-минеральных взаимодействий в торфяных системах методом ЭПР внесли исследования В. П. Стригуцкого, Ю. Ю. Навоши и С. Г. Прохорова, впервые объяснившие природу электронного парамагнетизма торфа и основных его компонентов. Усилиями этих специалистов создана известная в мире научная школа по изучению электронного парамагнетизма торфа и его компонентов. В сотрудничестве со специалистами Института химической физики РАН Б. И. Лигоночным и Л. С. Любченко они показали, что низкая информативность традиционной ЭПР-спектроскопии, обусловлена бесструктурностью спектров ЭПР гуминовых образований. Они разработали метод нелинейной ЭПР-спектроскопии, заключающийся в целенаправленном изменении условий регистрации спектров ЭПР, что позволяет разделять накладывающиеся сигналы. С использованием этого нового подхода они установили, что семихинонные радикалы, которыми в литературе объяснялся парамагнетизм гуминовых образований, генерируется только в щелочной среде, в исходных же образцах гуминовых кислот семихинонные радикалы отсутствуют, а электронный парамагнетизм обусловлен дефектами π-связей в ароматических системах полисопряжения.

Этой же группой белорусских и российских специалистов обоснован метод «химического моделирования», заключающийся в сравнительном анализе параметров спектров ЭПР гуминовых веществ с полимерными соединениями известной структуры, содержащими системы полисопряжения и функциональные группы, что позволило выработать новые представления о молекулярной структуре гуминовых веществ. Анализ сотен образцов гуминовых кислот верховых и низинных видов торфа показал стабильность и воспроизводимость параметров их сигналов ЭПР (В. П. Стригуцкий, Ю. Ю. Навоша). Эти же исследователи разработали классификацию металлов по их влиянию на спектры ЭПР гуминовых веществ в зависимости от валентности и магнитных свойств катионов.

Доказано, что структура ароматического ядра нативного гуминового комплекса и изолированных препаратов гуминовых кислот одинаковы (В. П. Стригуцкий, С. Г. Прохоров, В. В. Смирнова и др.). Установлены отличия параметров сигнала ЭПР гуминовых кислот от других компонентов

органического вещества торфа (П. И. Белькевич, В. П. Стригуцкий, К. А. Гайдук, В. В. Марыганова, А. Э. Томсон и др.).

Впервые экспериментально показано, что формирование истинных гуминовых веществ при гумификации отмерших растений может происходить в течение 2 мес. в мягких условиях исключительно за счет микробиологических процессов (В. П. Стригуцкий, В. В. Марыганова, С. Г. Прохоров и др.). С повышением степени разложения торфа и уровня метаморфизма бурого угля происходит возрастание содержания систем полисопряжения за счет разрушения периферийной части гуминовых веществ, при этом заключительным этапом является полимеризация одиночных ароматических фрагментов (В. П. Стригуцкий, И. И. Лиштван, Ю. Г. Янuta, А. М. Абрамец, Ф. Н. Капуцкий). На стадии бурого угля имеет также место увеличение размеров «плоскостных» графитоподобных структур. В торфе могут формироваться и химически более устойчивые «объемные» фуллереноподобные структуры полисопряжения (В. П. Стригуцкий, В. М. Дударчик, С. И. Коврик, Т. П. Смычник и др.).

Методом спинового зонда показано, что синергический эффект взаимодействия низкого содержания одиночных (разделенных) ароматических колец и водородных связей функциональных групп придает торфяным и буроугольным воскам и битумам свойства полимеров с развитой системой сопряженных связей (П. И. Белькевич, В. П. Стригуцкий, С. Г. Прохоров, А. Л. Бучаченко).

Впервые показано, что сорбционная способность торфяных сорбентов по отношению к аммиаку обусловлена не только их ионообменной емкостью, но и взаимодействием аммиака с системами полисопряжения по механизму «макроординации» (В. П. Стригуцкий, А. Э. Томсон, Т. В. Соколова, В. С. Пехтерева,). Этот механизм играет принципиальную роль и в сорбции металлов переменной валентности (В. П. Стригуцкий, И. И. Лиштван, А. А. Терентьев, В. М. Дударчик, Т. П. Смычник, Л. В. Стригуцкий).

Результаты исследований методом ЭПР позволили предположить, что биологическая активность гуминовых препаратов определяется не только индивидуальными специфическими соединениями, но и особенностями этих образований в целом – синергическим эффектом взаимодействия ароматических фрагментов и функциональных групп (В. П. Стригуцкий, Г. В. Наумова, Н. А. Жмакова, Т. Ф. Овчинникова).

Предложены новые области практического использования гуминовых кислот и битумов: в аналитической химии и в качестве индикаторов для ЭПР-спектроскопии. Разработаны экспресс-методы диагностики практически важных свойств торфа и продуктов его переработки: способы определения воска в торфе и оценки потенциаль-

ной склонности его к автоокислению, способы классификации восков и битумов и определения их гетерофазности, способ контроля качества этанольных экстрактов торфяных битумов (С. Г. Прохоров, В. П. Стригуцкий, П. И. Белькевич, И. И. Лиштван, С. Г. Беленький, А. П. Гаврильчик, Е. Ф. Долидович, Т. Я. Кащинская, П. Л. Фалюшин, Н. В. Шевченко, Л. С. Шеремет, Н. Г. Шкирятова). Разработан «Комплект индикаторов для ЭПР-спектроскопии», партии которого были выпущены заводом «Политехник» с экономическим эффектом. Методом ЭПР показано наличие у гуминовых кислот торфа полупроводниковых свойств (П. И. Белькевич, В. П. Стригуцкий, К. А. Гайдук, М. И. Минкевич, В. Ф. Стельмах, Л. В. Стригуцкий).

В. Е. Раковский и П. Л. Фалюшин ввели в практику исследований применение методов термического анализа для выяснения вопросов саморазогревания и самовозгорания торфа, взаимодействия торфа и его компонентов с ионами металлов, выяснения ряда вопросов генезиса торфа, термической переработки и др.

В. В. Марыгановой и др. методом пиролитической масс-спектрометрии установлено, что содержание ароматических соединений в пиролизатах гуминовых кислот торфа составляет 23–30 %, в пиролизатах фульвокислот – 15–17 %. В составе ароматической части пиролизатов преобладают бензол и его гомологи, на долю которых приходится более 50 % суммы всех ароматических соединений в пиролизатах гуминовых кислот и выше 70 % – в пиролизатах фульвокислот. Моноциклические ароматические соединения представлены также фенолами, фуранами, пирролами. Содержание пирролов в пиролизатах гуминовых кислот низинного торфа в 1,5 раза выше, чем фуранов, а в пиролизатах верхового торфа пирролы присутствуют в виде следов. Среди би- и трициклических ароматических компонентов преобладают кислородсодержащие соединения: бензофураны, дibenзофураны, дифениловые эфиры и др. Обнаружены также углеводороды: нафтен- и динафтенбензолы, нафталины, аценафтены, флуорены, фенантрены и др. Доля би- и трициклических ароматических соединений составляет 3,5–10,5 % в пиролизатах гуминовых кислот и 2,0–2,5 % в пиролизатах фульвокислот. Ароматическая часть гуминовых кислот торфа в значительной мере представлена лигнинпроизводными структурами, в построении их макромолекул участвуют длинные полиметиленовые цепи. Фульвокислоты характеризуются более высоким содержанием карбоксильных групп при ароматических фрагментах по сравнению с гуминовыми кислотами, отсутствием длинных полиметиленовых цепей и преобладанием коротких разветвлённых цепей над линейными.

Благодаря работам П. И. Белькевича, Е. А. Юркевич, С. В. Дроздовской и Ю. Ю. Навоши в повседневную аналитическую практику исследований торфа и его компонентов вошел метод ИК-спектроскопии. Е. А. Юркевич обосновала отнесение полос поглощения в ИК-спектрах торфа и его компонентов к конкретным группам атомов и методику количественной оценки их содержания. Ею разработаны экспрессные спектроскопические методы определения характеристик торфяных восков. Результаты научных исследований Е. А. Юркевич стали научной базой, обеспечившей возможность другим исследователям широко применять метод ИКС в конкретных научно-исследовательских работах по химии торфа.

Е. А. Юркевич, Ю. Ю. Навошой и С. В. Дроздовской проделана большая работа по внедрению методов спектроскопии в УФ- и видимой областях к исследованию торфа и его компонентов. Особенно следует отметить разработку Ю. Ю. Навошой автоматизированных систем регистрации спектров в ИК-, видимой и УФ-диапазонах в цифровом виде на основе спектрофотометров «Specord-M80» и «Specord-M40», что позволило широко использовать компьютерную обработку спектров, обеспечивающую получение не только качественной, но и количественной информации. На основе этого разработаны экспрессные методы оценки степени разложения торфа, содержания количества углеводов и воска в торфе и др. (Ю. Ю. Навоша, Е. А. Юркевич, С. В. Дроздовская, С. Г. Беленький, В. А. Ракович и др.). Данные методы в сотни раз быстрее традиционных химических методов, поэтому они особенно перспективны и удобны при массовых анализах торфа, например при проведении специализированных разведок торфяных месторождений на содержание воска или углеводов, а также для экспресс-контроля торфяного сырья, поступающего на переработку.

Вышеуказанными методами получено много новой научной информации о структурных изменениях компонентов торфа в технологических процессах, в процессах образования и аккумуляции торфа в разных типах торфяных залежей, при изучении механизмов взаимодействия торфа и гуминовых веществ с ионами металлов, при получении различных препаратов на основе торфа и др.

Говоря о формировании методической базы исследований по химии торфа, следует отметить большой вклад И. И. Лиштвана и Н. Т. Короля, написавших книгу «Основные свойства торфа и методы их определения» [15], которая в течение около 40 лет является почти единственным практическим пособием по аналитической химии торфа и уже стала библиографической редкостью. Фрагменты данной книги с согласия авторов переизданы в Китае. Назрела необходимость в новом переработанном издании книги или в

создании нового аналогичного пособия с учетом изменений в аналитических методах, произошедших за 40 лет.

Завершая краткий исторический обзор, следует отметить наиболее выдающиеся научные достижения в химии и химической технологии торфа. По мнению автора, к таковым можно отнести лишь те научные результаты, которые принципиально изменяют научные знания и которыми пользуются многие поколения людей, как, например, законы И. Ньютона, М. В. Ломоносова, Д. И. Менделеева, изобретение микроскопа, обоснование принципов получения консервов и т. п. С увеличением продолжительности использования выдающихся научных достижений возрастает их научная, экономическая и социальная значимость. В химии торфа такими достижениями могут быть новые теории, открытия ранее неизвестных процессов и явлений, происходящих в торфяных системах, новые научные знания о химическом составе и свойствах торфа. Все другое, например даже самые совершенные технологии переработки торфа, будут предаваться забвению по мере замены их новыми, более совершенными, а открытия и теории на века сохранятся в памяти поколений как вечные научные истины.

С учетом этих критериев можно утверждать, что самые выдающиеся научные достижения в химии и химической технологии торфа связаны с именами В. Е. Раковского (теория происхождения твердых горючих ископаемых, теория термической деструкции природных полимеров, химическая теория спекания углей, биогеохимическая теория разложения органического вещества, идея энергохимического использования твердых топлив, идея и схемы комплексного использования торфа и торфяных месторождений), П. И. Белькевича (расшифровка свыше 70 % состава индивидуальных соединений торфяного воска, теоретические основы его получения и химической переработки) и П. Л. Фалюшина (теория самовозгорания торфа). Этим достижениям, равно как и именам их авторов, суждено войти в учебники и энциклопедии, на которых будут учиться многие поколения специалистов торфяной отрасли и смежных наук в разных странах мира. Имена этих ученых навсегда вписаны в историю мировой науки о торфе.

В этой плеяде талантов особое место занимает имя необыкновенно одаренного исследователя, блестящего теоретика, ученого с философским мышлением – В. Е. Раковского. Когда он

приезжал в Институт торфа, к нему выстраивалась очередь из начинающих и зрелых сотрудников с учёными степенями для получения консультаций и советов, и до сих пор в институте продолжается разработка его идей. По силе таланта, глубине, оригинальности и масштабности мышления, по врождённому дару научного предвидения ему не было равных при жизни, нет их и теперь, однако хотелось бы надеяться, что кто-то появится в ближайшем будущем. По-видимому, таланты такого масштаба, как у В. Е. Раковского, рождаются не чаще одного раза в столетие, а может быть, и реже.

Химия торфа, как и химия древесины или агрономическая химия, – наука в большей степени прикладная, чем теоретическая. В практическом плане химия торфа дала людям большое количество разнообразной и полезной продукции: экологически безупречные биологически активные вещества, натуральные лекарственные средства, органо-минеральные и торфогуминовые удобрения, питательные грунты для рассады и теплиц, новые виды недорогих лигандов, крашители, преобразователи ржавчины, комплексообразующие добавки к геотехнологическим растворам для извлечения редких и рассеянных элементов, цветных и благородных металлов, разнообразные сорбенты для очистки газовых и жидких сред, а также твердых поверхностей и почв от загрязнений углеводородами, тяжелыми металлами, пестицидами, радионуклидами, фенолами и др. Применение нанотехнологий в химии торфа в ближайшем будущем открывает большие возможности существенного удешевления производства и расширения перечня новых видов продукции глубокой химико-технологической переработки.

Зарождение и становление химии торфа в Беларуси явилось началом конца десятилетиями длившегося многотоннажного использования торфа в качестве первичного сырья для топлива и удобрений. На современном этапе генеральным направлением в использовании торфа становится его глубокая химико-технологическая переработка с получением наукоемких малотоннажных и конкурентоспособных продуктов для различных отраслей хозяйства, а многотоннажное использование непереработанного торфа будет неизбежно и многократно сокращаться. Остановить эти процессы уже невозможно, так как в них суть логики и диалектики развития не только химии торфа, но и всей торфяной отрасли.

Литература

1. Абрамец, А. М. Массоперенос в природных дисперсных системах / А. М. Абрамец, Н. В. Чураев. Минск. 1992.
2. Белькевич, П. И. Воск из торфа / П. И. Белькевич. Минск. 1957.
3. Белькевич, П. И. Торфяной воск и сопутствующие продукты / П. И. Белькевич [и др.]. Минск. 1977.
4. Белькевич, П. И. Воск и его технические аналоги / П. И. Белькевич, Н. Г. Голованов. Минск. 1980.
5. Белькевич, П. И. Битумы торфа и бурого угля / П. И. Белькевич [и др.]. Минск, 1989.
6. Белькевич, П. И. Химия экстракционных смол торфа и бурого угля / П. И. Белькевич [и др.]. Минск, 1985.
7. Белькевич, П. И. Торф и проблема защиты окружающей среды / П. И. Белькевич [и др.]. Минск, 1979.
8. Бровка, Г. П. Взаимосвязанные процессы тепло- и массопереноса в дисперсных системах / Г. П. Бровка. Минск, 2011.
9. Вирясов, Г. П. Комплексные гранулированные удобрения на основе торфа / Г. П. Вирясов. Минск. 1988.
10. Гаврильчик, А. П. Превращения торфа при добыче и переработке / А. П. Гаврильчик. Минск, 1992.
11. Дрожалина, Н. Д. Углеродные молекулярные сита на основе торфа / Н. Д. Дрожалина. Минск, 1984.
12. Кадастровый справочник «Торфяной фонд БССР». Минск, 1953.
13. Климов, Б. К. Новые методы термической переработки торфа / Б. К. Климов. М., 1939.
14. Лиштван, И. И. Физика и химия торфа / И. И. Лиштван [и др.] Минск. 1989.
15. Лиштван, И. И. Основные свойства торфа и методы их определения / И. И. Лиштван, Н. Т. Король. Минск. 1975.
16. Лиштван, И. И. Физико-химическая механика гуминовых веществ / И. И. Лиштван [и др.] Минск, 1976.
17. Лиштван, И. И. Физико-химические основы торфяного производства / И. И. Лиштван [и др.] Минск. 1993.
18. Лыч, А. М. Гидрофильтрность торфа / А. М. Лыч. Минск. 1991.
19. Маль, С. С. Углеводы и азотсодержащие вещества торфа / С. С. Маль. Минск. 1982.
20. Наумова, Г. В. Торф в биотехнологии / Г. В. Наумова. Минск. 1987.
21. Панкратов, Н. С. Превращения торфа и его компонентов при хранении / Н. С. Панкратов [и др.]. Минск. 1972.
22. Пантелеев, В. М. Пути решения проблем добычи природного урана и геоэкологического неблагополучия регионов / В. М. Пантелеев. М. 2008.
23. Раковский, В. Е. Общая химическая технология торфа. / В. Е. Раковский. Минск, 1949.
24. Раковский, В. Е. Химия и технология первичных дёгтей торфа / В. Е. Раковский. М., 1949.
25. Раковский, В. Е. Химия пирогенных процессов В. Е. Раковский [и др.] Минск, 1959.
26. Раковский, В. Е. Химия и генезис торфа / В. Е. Раковский, Л. В. Пигулевская. М., 1978.
27. Терентьев, А. А. Исследование структуры торфа / А. А. Терентьев, В. И. Суворов. Минск, 1986.
28. Тишкович, А. В. Теория и практика аммонизации торфа / А. В. Тишкович. Минск. 1972.
29. Тишкович, А. В. Свойства торфа и эффективность его использования на удобрения / А. В. Тишкович. Минск. 1978.
30. Тишкович, А. В. Использование торфа в сельском хозяйстве / А. В. Тишкович. Минск, 1984.
31. Тишкович, А. В. Природа торфа и эффективность удобрений на его основе / А. В. Тишкович [и др.]. Минск. 1987.
32. Томсон, А. Э. Торф и продукты его переработки / А. Э. Томсон, Г. В. Наумова. Минск. 2009.
33. Яцевич, Ф. С. Торф – сырье для химической переработки / Ф. С. Яцевич. Минск. 1981.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 10.07.2012 г.

Н. Н. Бамбалов

КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ХИМИИ ТОРФА В БЕЛАРУСИ

Зарождение и становление химии торфа в Беларуси началось в первой четверти XX в. С момента зарождения по настоящее время химия торфа дала людям экологически безупречные биологически активные вещества, натуральные лекарственные средства, органо-минеральные и торфогуминовые удобрения, питательные грунты для рассады и теплиц, новые виды недорогих

лигандов, красители, преобразователи ржавчины, комплексообразующие добавки к геотехнологическим растворам для извлечения редких и рассеянных элементов, цветных и благородных металлов, разнообразные сорбенты для очистки газовых и жидких сред, а также твердых поверхностей и почв от загрязнений углеводородами, тяжелыми металлами, пестицидами, радионуклидами, фенолами и др. На современном этапе генеральным направлением в использовании торфа становится его глубокая химико-технологическая переработка с получением научноемких малотоннажных и конкурентоспособных продуктов для различных отраслей хозяйства, а многотоннажное использование непереработанного торфа будет неизбежно и многократно сокращаться.

N. N. Bambalov

**A BRIEF HISTORICAL SKETCH ON THE FORMATION AND DEVELOPMENT
OF PEAT CHEMISTRY IN BELARUS**

The origin and the formation of peat chemistry in Belarus began in the first quarter of the XX century. From the moment of origin till present a peat chemistry has given to people ecologically faultless, biologically active substances, natural medical products, organic-mineral and peat-humic fertilizers, nutritious grounds for sprouts and green-houses, new kinds of inexpensive ligands, dyes, rust converters, complex-forming additives to geo-technological solutions for extraction of rare and dispersed elements, and non-ferrous and precious metals, various sorbents for gas and liquid media cleaning, including solid surfaces and soils cleaning from hydrocarbons, heavy metals, pesticides, radionuclides, phenols, etc. pollution. At present a general direction of peat utilization becomes its profound chemical-technological processing and production of hi-technology small-tonnage and competitive products for various branches of economy, and multi-tonnage use of raw peat will be inevitably and repeatedly reduced.

И. И. Лиштван

КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА ТОРФА: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Охарактеризованы основные этапы становления и развития исследований по коллоидной химии и физико-химической механике торфа как многокомпонентной полуколлоидно-высокомолекулярной системы без резкой фазовой разграниченности в тесной связи с задачами технологии торфяного производства. Дан анализ современных исследований по этой проблеме.

С современных позиций торф является полуколлоидно-высокомолекулярной многокомпонентной, полифракционной, гидрофильтральной системой с признаками полиэлектролитов и микромозаичной гетерогенности.

На разных этапах работы института коллоидно-химические исследования торфяных систем проводились комплексно и по широкому кругу вопросов. Большое влияние на их становление и развитие оказали работы А. В. Думанского, А. В. Лыкова, М. П. Воларовича, Н. В. Чураева, С. Г. Солопова, В. Г. Горячкина, С. С. Корчунова, Н. И. Гамаюнова и др. Изучение коллоидно-химических свойств торфа проводились на базе классических работ по коллоидной химии А. В. Думанского, П. А. Ребиндера, Б. В. Дерягина, Ф. Д. Овчаренко, С. М. Липатова и др. Большой вклад в развитие основных представлений о торфе внесли работы В. Е. Раковского, П. И. Белькевича, Ф. А. Олейко, В. М. Наумовича, Н. С. Панкратова, А. В. Тишковича и др. Научные исследования института во многом определяли основные этапы развития физики и химии торфа, коллоидной химии и физико-химической механики торфа и сапропелей.

Коллоидно-химические исследования в институте развивались в связи с задачами практики и предусматривали создание научных основ современных технологий торфяного производства и переработки торфа с целью получения новых продуктов и материалов.

Дисперсность, или фракционный состав, торфа – важнейший показатель его коллоидно-химических свойств. Практически любая механическая операция по добыче и формированию кускового торфа, добыче фрезерного торфа связана с изменением его дисперсности.

Широкие исследования по диспергированию торфа различными механизмами при разной влажности носили чисто технологический характер и предусматривали определение оптимума по влажности, давлению переработки, энергозатратам (Г. П. Вирясов, Н. М. Солодухо, А. П. Лецко). В частности, был сделан вывод, что наибольший перерабатывающий эффект обнаружи-

вается при переработке торфа влажностью около 80 %.

Кроме кускового торфа, непосредственно переработка нашла применение и в улучшении качества фрезерного торфа (Г. Д. Горбутович, Н. С. Костюк, Ф. С. Яцевич, П. Н. Давидовский, А. И. Федотов). Установлены зависимости циклических сборов и насыпной плотности фрезерного торфа от увеличения условной удельной поверхности при переработке залежи. Оптимальная степень переработки для залежи $R = 15\text{--}25\%$ соответствует увеличению условной удельной поверхности в 1,4–1,8 раза. Установлено, что с ростом дисперсности влагопроводность торфа в залежи снижается.

Были получены также новые данные по дисперсности при переработке торфа в присутствии поверхностно-активных веществ (ПАВ) и электролитов щелочных металлов (А. А. Терентьев). В частности, показано, что добавки ПАВ способствуют увеличению дисперсности торфа за счет адсорбции их на границе раздела. При переработке в присутствии щелочей эффект химического диспергирования проявляется в полной мере только при добавлении анионных ПАВ. За счет облегченного разрушения частиц удельные энергозатраты, отнесенные к единице новой поверхности, при переработке торфа могут быть снижены на 50–70 % [4, 5].

Широкие статистические исследования дисперсности торфа разного ботанического состава, выполненные с помощью электронного микроскопа, обобщены А. А. Терентьевым. Методом электронной микроскопии показано, что механическая переработка и диспергирование в присутствии электролитов щелочных металлов до 10–20 мг-экв/100 г сухого вещества не изменяют распределения во фракции менее 1 мкм. При переработке в присутствии ПАВ происходит качественное изменение высокодисперсной фракции, в основном идет накопление фракции менее 5 мкм [10].

Весь комплекс работ по дисперсности торфа позволяет заключить, что для оценки его структуры следует использовать фракционный

состав, содержание суммарных фракций, а не удельную поверхность, так как фазовые явления в торфе выражены слабо (И. И. Лиштван). Во всех видах торфа его основу составляют структуры переплетения остатков растений-торфообразователей, надмолекулярные комплексы продуктов распада и индивидуальных веществ органической и минеральной составляющих. Неорганические соединения представлены в торфе нерастворимыми минералами разной природы, адсорбционными образованиями минералов с гуминовыми веществами, неорганическими компонентами торфяной воды, ионообменными гетерополярными органо-минеральными комплексами и комплексно-гетерополярными органо-минеральными производными. Основной кинетической единицей торфяных систем являются проницаемые для молекул воды и ионов агрегаты-ассоциаты макромолекулы сосуществующих компонентов. Упорядоченные участки продуктов распада, или зародыши новой фазы, наряду с агрегатами битумов, ориентированными участками трудно- и легкогидролизуемых веществ и нерастворимыми неорганическими соединениями труднопроницаемы для молекул воды и ионов [4, 7].

В торфе следует различать макро- и микроструктуры. Древесные, травяные и моховые неразложившиеся остатки торфа образуют легкодеформируемые структуры переплетения, степень развития которых определяется в основном уровнем биохимического распада торфообразователей. Микроструктуры торфа дают надмолекулярные образования органических минеральных соединений. Если эти соединения объединены в ассоциаты (агрегаты), то выделяют внутри- и межагрегатные структуры разной компактности.

В пределах ассоциатов, как показали электронно-микроскопические наблюдения, могут сосуществовать волокна, обрывки растительных тканей разной дисперсности, битумные системы, продукты распада и минеральные включения, образуя гамму нестабильных комплексов, компактность которых определяется природой торфа, энергией и характером межмолекулярных сил. Основу последних составляют взаимодействия между активными функциональными группами посредством водородных связей, через ионы и молекулы среды, а также за счет химических и других связей. По этой причине к торфяным системам применимо правило динамического дисперсионного равновесия: компактно агрегированное состояние \rightleftharpoons Гель \rightleftharpoons Золь \rightleftharpoons Истинный раствор.

Важное значение в формировании структуры торфа отводится дисперсионной среде – воде [1]. В торфе различают физико-химически связанные, структурно-захваченную, иммобилизованную, остатотическую, внутриклеточную и ка-

пиллярную формы воды. Наибольший научный интерес вызывает физико-химически связанная вода. Сорбция ее в торфе происходит во всем объеме ассоциатов. Емкость моносорбции включает воду, связанную с функциональными группами за счет водородных связей, и воду ближней гидратации ионов. Сорбция на вторичных, третичных и последующих центрах приводит к образованию «островков» сорбированной воды и объемов воды полисорбции (Н. И. Гамаюнов). Это – физико-химически связанная вода торфа. Ее содержание в низинном торфе составляет 49,6 %, а в верховом – 46,7 %. Объем полисорбции соответствует примерно трем объемам моносорбции. Однако основная масса воды торфа относится к слабым формам связи. Это – осмотическая, иммобилизованная, внутриклеточная, структурно-захваченная и капиллярная категории влаги (И. И. Лиштван) [4, 5].

Гидрофильность торфа обусловлена наличием в его структуре активных функциональных групп, способных связывать молекулы воды за счет водородных связей. Гидрофобные компоненты торфа (в основном битумы) термодинамически и агрегативно неустойчивы и в объеме торфяной массы существуют с другими составляющими торфа. Наличие в торфе гидрофильных полуколлоидов, стабилизованных гидрофобных включений, а также растворов и дисперсий высокомолекулярных соединений придает ему специфические свойства, отличающие его от типичных коллоидных гетерогенных систем. Невысокий отрицательный заряд торфяных ассоциатов мозаичен, дискретен, размещен как на внешнем контуре, так и внутри влагонасыщенной частицы и состоит из суммы элементарных зарядов, образующихся в результате отщепления в жидкой среде от функциональных групп ионов водорода и поглощенных ионов. Эти представления особенно важны в оценке гидрофильности торфа и ее изменения в процессах минерализации органического вещества при сельскохозяйственном использовании торфяных месторождений. Обычно характеристикой гидрофильности веществ и тел служит энергия связи молекул воды с исследуемыми объектами. Мерой гидрофильности является удельная теплота смачивания. Если ее величина для дисперсных тел с жестким скелетом меньше энергии образования пленки воды ($116 \text{ эрг}/\text{см}^2$), то эти тела относятся к гидрофобным и наоборот. По данным сорбционных исследований, условная удельная поверхность торфа и торфяных почв составляет $250\text{--}400 \text{ м}^2/\text{г}$. Теплоты смачивания торфяных почв составили $25\text{--}31 \text{ кал}/\text{г}$ (Т. Т. Зуев). В пересчете на поверхность удельная теплота смачивания для этих объектов достигает $400\text{--}500 \text{ эрг}/\text{см}^2$, что в несколько раз выше граничного значения гидрофильности. На основании современных представлений о механизме взаимодей-

ствия молекул воды с торфом, теплот смачивания и подвижности молекул воды, определенной методом импульсной спектроскопии, показано, что в процессе минерализации торфяные почвы не гидрофобизуются (А. М. Лыч, Т. Т. Зуев). Уменьшение водоудерживающей способности и водопоглощаемости торфяно-болотных почв обусловлено изменением их физической структуры.

Приведенные обобщения получены на основе широких исследований гидрофильтрности торфа, его электрофизических и ионообменных свойств (И. И. Лиштван, В. М. Наумович, П. И. Белькевич, Л. Р. Чистова, А. М. Лыч, Т. Т. Зуев, Л. С. Лис). В институте исследования в этих областях коллоидной химии торфа были направлены на изучение взаимосвязи торфа с водой, соотношения ее категорий и на разработку методов регулирования гидрофильтрных свойств торфяных систем.

При изучении физических свойств установлено наличие зависимости диэлектрических параметров от влажности в диапазоне $\omega = 0\text{--}20\%$, что явилось научной основой разработки электрических влагомеров торфяной сущенки и брикетов (Л. С. Лис, М. А. Гатих, Л. П. Сидоров, Г. А. Куптель, Р. Т. Литвина). Кроме того, исследования диэлектрических свойств торфяных систем в широком диапазоне температур и влажностей позволили оценить энергию связи влаги с материалом, величина которой хорошо согласуется с данными калориметрических исследований.

Изучение электрофизических свойств торфа в области физико-химически связанный воды позволило показать отсутствие сингулярных точек, т. е. резкого перехода от моно- к полисорбированной влаге. Это указывает также на неоднородность центров сорбции влаги на торфе и многообразные виды переходов от моно- к полисорбированной воде: сорбция на наиболее активных центрах и микропорах → сорбция на менее активных и вторичных центрах → образование различных размеров «гроздей» и «островков» молекул воды → слияние отдельных «гроздей» и «островков» в пленки и образование объемных включений, которым присущи свойства истинной жидкости.

Выполнен большой объем исследований по сорбции влаги на естественном и модифицированном образцах торфа (А. М. Лыч, Р. Т. Литвина, Л. Р. Чистова). Установлено, что при температуре 25–50 °C изотермы сорбции в координатах БЭТ имеют излом, что обусловлено процессами набухания материала вследствие подвижности его структуры при проникновении молекул воды внутрь надмолекулярных структур органической части торфа. Проявление данного механизма возможно при таком количестве сорбции, когда наиболее активные периферийные центры заняты молекулами воды, а теплое воздействие достаточно для придания соот-

ветствующей кинетической энергии молекулам воды и структурным звеньям макромолекул торфа.

Оценка подвижности молекул связанный воды в торфе изучена методами импульсной ЯМР-спектроскопии и ЯМР широких линий (А. М. Лыч). При этом отмечено, что в диапазоне влагосодержаний 0,25–2,00 кг/кг зависимость времени спин-спиновой релаксации близка к прямолинейной. На подвижность молекул связанный воды значительное влияние оказывают структура частиц торфа и торфяных почв, наличие минеральных ионов. При малых влагосодержаниях минеральная часть и компактная структура частиц торфа уменьшают подвижность молекул воды. В то же время при влагосодержании 0,50–2,00 кг/кг вследствие компактной структуры торфа реализуются не все активные центры, и связанная вода при одном и том же количестве более приближается по свойствам к объемной, чем в случае рыхлой структуры сорбента. Введение ПАВ в торф приводит к появлению двух значений времени спин-спиновой релаксации, что объясняется связью молекул воды как непосредственно с материалом, так и с ансамблями макромолекул ПАВ.

Управление гидрофильтрными свойствами торфа низкой влажности наиболее перспективно осуществлять применением различного рода ПАВ (Н. В. Чураев, А. М. Абрамец, Л. Н. Маевская, А. М. Лыч). Оценку эффекта проводили по коэффициенту впитывания воды и растворов ПАВ в фрезерный торф определенной влажности. Найдены ПАВ, применение которых увеличивает коэффициент смачивания более чем на два десятичных порядка.

С целью выяснения механизма высокой смачивающей способности торфа низкой влажности растворами ПАВ, а также гидрофилизации его путем введения анионных и неионогенных ПАВ изучены процессы сорбции – десорбции ПАВ различных типов на торфе (А. М. Лыч, Т. И. Липская, Л. Н. Маевская). Отмечено, что лучшей гидрофилизирующей способностью обладают НПАВ, сорбция которых на торфе при прочих равных условиях больше.

Как уже отмечалось, вода торфа является раствором низко- и высокомолекулярных соединений. Концентрация этого раствора зависит от природы торфа и направления использования торфяного месторождения (А. В. Быстрая, В. М. Крайко). В результате комплексных исследований изучен характер распределения и изменения компонентного состава торфяной воды и ее свойств по сезонам года, по годам наблюдений, а также изменение качественных показателей этих вод под влиянием хозяйственной деятельности человека.

В естественном торфе, особенно минерализованном, в процессах структурообразования, термогенеза, переноса влаги велика роль мине-

ральной части. Обмен ионов в торфе с участием карбоксильных групп протекает без заметных тепловых эффектов (изменение энталпии $\Delta H < 1$ ккал/моль) [4].

Изменение энергии Гиббса зависит от природы ионов. Так как энергия Гиббса отрицательна, то в обычных условиях процесс направлен в сторону поглощения катионов из раствора и приводит к образованию более устойчивых гетерополярных органо-минеральных комплексов (изменение энтропии положительно) (И. И. Лиштван). Таким образом, обмен ионов в торфе, приводящий к глубокой перестройке структуры, следует рассматривать как термодинамически вероятный процесс, что теоретически обосновывает химическую модификацию или химическую мелиорацию торфа.

Практическое использование торфа связано с удалением влаги путем ее испарения или фильтрационного переноса. Исследования процессов тепло- и массопереноса и структурообразования в торфяных системах в широком масштабе были развернуты в 60–70-е гг. ХХ в. под руководством М. П. Воларовича, Н. В. Чураева, Н. И. Гамаюнова. Выполненные в этот период работы направлены в основном на решение следующих задач: изучения внутреннего тепло- и массообмена в торфе и процессов сушки фрезерного торфа (П. Н. Давидовский, А. П. Поляничева); выявления закономерностей влагопереноса и механизма структурообразовательных процессов при сушке кусковой торфяной продукции (Г. П. Вирясов, А. И. Федотов, Н. С. Шабан); исследования структуры и водных свойств торфяных залежей (А. А. Головач, М. И. Святцев); исследования взаимосвязанных процессов тепло-массопереноса и структурообразование (Г. П. Бровка) [1, 2].

На основании современных представлений по тепло- и массопереносу в капиллярно-пористых системах методом радиоактивной метки исследованы природа и механизм переноса тепла и влаги в торфе, его теплофизические и структурные параметры с целью разработки рациональных схем подготовки торфяных массивов к эксплуатации, управления процессами обезживания торфа и получения качественной продукции.

Среди мер воздействия на миграцию влаги и улучшение качества фрезерного торфа, получаемого на залежах низкой степени разложения, были изучены технологические приемы: переработка в слое залегания, уплотнение, перемешивание (Г. Д. Горбутович, Н. С. Костюк, П. Н. Давидовский, А. И. Федотов).

Особенно широко исследования в области разработки физико-химических принципов управления процессами внутреннего массообмена и структурообразования в реологически сложных дисперсных системах после организации в

институте в 1973 г. лаборатории физико-химической механики торфа начали проводиться. В этот период разрабатываются методы воздействия на процессы структурообразования и механизм тепло- и массообмена в торфяных системах посредством введения ПАВ и ВМС (А. М. Абрамец, А. А. Терентьев) [1].

Исследован механизм взаимодействия ПАВ и ВМС с компонентами торфа разной структуры и при различной кислотности дисперсионной среды. Показано, что модификация торфа ПАВ и ВМС изменяет знак заряда поверхности сорбента, толщину сольватных оболочек и скавывается на фазовом составе потока мигрирующей влаги. С увеличением pH дисперсионной среды введение указанных веществ снижает влагопроводность и увеличивает термоградиентный поток влаги. Эффективность модифицирующих ВМС возрастает с увеличением их молекуллярной массы и полифункциональности. На изотермах сорбции ПАВ торфом установлены два характерных участка, соответствующих молекуллярному и мицеллярному механизмам сорбции.

На основании развитых представлений о взаимодействии ПАВ и ВМС со структурными единицами торфа были разработаны теоретические положения и технологические принципы управления структурно-механическими свойствами торфяных систем и процессами тепло- и массообмена.

Разработан и проверен в производственных условиях способ борьбы с ветровой эрозией торфяных почв с использованием в качестве структурообразователя ГиПАНа. Обработка торфяной почвы ГиПАНОм снижает физическое испарение влаги, уменьшает подвижность солей и улучшает тепловой режим почвы.

Совершенствование технологии добычи и обезвоживания торфа, вовлечение заболоченных территорий в строительство и эксплуатация инженерных сооружений на торфяных основаниях в районах с устойчивым зимним промерзанием и вечной мерзлотой должны проводиться на основании научно обоснованного прогноза водного и теплового режимов, а также учета изменения структурно-механических свойств торфяных залежей при промерзании и оттаивании. В связи с этим проведены широкие исследования физических свойств торфяных систем при отрицательных температурах. Разработан комплекс оригинальных методик и аппаратуры для исследования характеристик внутреннего тепло- и массопереноса и процессов структурообразования при промерзании торфа (Г. П. Бровка, П. Н. Давидовский, И. И. Романенко, В. И. Тановицкий, И. В. Дедюля).

Изучена кинетика фазовых превращений торфяной воды в лед и их влияние на процесс переноса влаги [2]. Показано, что количество незамерзшей воды практически не зависит от ис-

ходного влагосодержания, дисперсности и степени разложения, а определяется видом торфа, степенью минерализации и наличием в торфе минеральных солей. В результате были развиты представления о закономерностях кристаллизации связанной воды в торфе. Перераспределение влаги при промерзании необходимо учитывать при строительстве инженерных сооружений на торфяных грунтах, подвергающихся сезонному промерзанию и оттаиванию, так как влагосодержание является основным фактором, влияющим на физико-механические и теплофизические характеристики грунтов при отрицательных температурах.

Исследование закономерностей влагопреноса из талой зоны в мерзлую и определение характеристик массопереноса торфяных систем при промерзании позволили установить, что влагосодержание талой зоны на границе зон не остается постоянным, а изменяется в зависимости от исходного влагосодержания и миграционного потока, миграционный поток из талой зоны в мерзлую пропорционален градиенту температуры и является функцией влагосодержания талой зоны на границе с мерзлой. Предложено миграцию влаги при промерзании характеризовать коэффициентом термовлагопроводности мерзлой зоны, который численно равен потоку влаги при единичном градиенте температуры в мерзлой зоне. Использование этого показателя в качестве характеристики массопереноса при промерзании позволяет сформулировать и решить ряд задач массопереноса при промерзании торфа.

На основании проведенных исследований выданы рекомендации по изучению характеристик тепло- и массопереноса при промерзании торфяных систем к расчету процессов размораживания фрезерного торфа в железнодорожных вагонах с целью выбора наиболее оптимальных режимов размораживания и оценки энергетических затрат (Г. П. Бровка, П. Н. Давидовский).

Замороженный торф является упругопластично-вязким реологическим телом. Деформируемость его в области встречающихся на практике нагрузок предложено оценивать модулями быстрой и медленной эластических деформаций, ньютоновским течением с наибольшей вязкостью практически не разрушенных структур, шведовской ползучестью, характеризующейся статическим предельным напряжением сдвига и наибольшей пластической вязкостью. Верховой торф в замороженном состоянии проявляет более высокую упругость, чем низинный, в связи с наличием в верховом торфе развитых пространственных структур переплетения с меньшим содержанием незамерзшей воды (И. И. Лиштван, П. Н. Давидовский, И. И. Романенко).

В настоящее время около половины потребляемого торфа перевозится в зимнее время, что сопровождается интенсивным смерзанием

его и примерзанием к внутренним поверхностям железнодорожных вагонов. Для разработки эффективных методов борьбы с намораживанием торфа были изучены поверхностные явления – криогенная адгезия на границе раздела торф–металл. Исследованиями показано, что на величину энергии криогенной адгезии торфа к металлу наибольшее влияние оказывает влагосодержание торфа, его плотность и температура окружающей среды. Рекомендованы новые принципы борьбы с намораживанием торфа на металлические поверхности на основе применения электропроводящих полимеров и электроимпульсного метода (В. И. Тановицкий, П. Н. Давидовский).

В процессах добычи, переработки, сушки и хранения торф подвергается различного рода воздействиям с целью регулирования качественных параметров готовой продукции [6, 3]. Выяснение закономерностей и механизма этих воздействий, проявляющихся в процессах образования, деформации и разрушения пространственных структур, а также определение оптимальных основ синтеза новых материалов с заданными свойствами составляют главную задачу физико-химической механики – науки, созданной в нашей стране П. А. Ребиндером и получившей бурное развитие в последнее время в различных отраслях науки и практики (М. П. Воларович, И. И. Лиштван).

Первые работы по изучению реологических свойств торфа, проведенные в 50-е гг. XX в. (Н. П. Перов, М. З. Лопотко), связаны с разработкой проблем прочности кускового торфа, исследованием некоторых упругих и пластических свойств торфа, изучением сопротивления сдвигу торфомассы.

Однако наиболее фундаментальное и последовательное развитие работ в институт по реологии торфа связано с именем основоположника этой науки – М. П. Воларовича и его школы [9]. Вопросами реологии торфа в институте наиболее интенсивно начали заниматься в последние 20–25 лет в связи с разработкой проблем управления структурно-механическими свойствами торфомассы, торфоминеральных удобрений, качественными показателями готовой формованной продукции и др. [9]. В постановке и решении этих вопросов приняли участие Г. П. Вирясов, Н. Н. Битюков, А. А. Терентьев, В. А. Тычина и др.

Теоретические исследования процессов регулирования коагуляционных структур торфа с помощью добавок электролитов и ПАВ позволили разработать научные принципы управления качеством готовой торфяной продукции. В частности, Г. П. Вирясовым показано, что комплексное воздействие на торфомассу вибрации (амплитуда – 1,8 мм, частота – 47 с^{-1}), вакуумирования (220–700 мм рт. ст.) и ПАВ приводит к существенному изменению реологических свойств

(увеличивается пластичность, эластичность, снижается релаксация напряжений) и улучшению формируемости.

В дальнейших работах И. И. Лиштвана, А. А. Терентьева и Н. Н. Битюкова были развиты основные положения физико-химической механики торфа, которые предполагают осуществлять управление структурообразованием в дисперсных системах с помощью оптимального соотношения вибрационных воздействий и добавок ПАВ.

Установлено, что определяющим параметром воздействия вибрации на структурно-реологические свойства торфяных систем является интенсивность вибрации. Анализ кривых течения торфяных систем, которые, как и в статических условиях, имеют S-образный вид, показал, что вибрация разрушает их структуру, в результате чего снижаются реологические характеристики (эффективная вязкость, предельное напряжение сдвига). При достаточно высокой интенсивности вибрации структура системы может быть предельно разрушена, и ее течение происходит с наименьшей постоянной вязкостью.

Определены для различных состояний торфяных систем (по влажности) критические значения интенсивности вибрации, выше которых течение торфа подчиняется закону Ньютона. По мере снижения влажности растет прочность структуры торфа, возрастает и величина критической вибрации, необходимая для предельного разрушения. Разрушение структуры торфа вибрацией носит тиксотропный характер.

Совместное действие вибрации и добавок ПАВ в оптимальном сочетании приводит к наибольшему снижению структурно-реологических свойств торфа в момент формования. Это существенно снижает затраты энергии на формование, обеспечивает наибольшее соответствие между темпом усадки и скоростью обезвоживания материала при сушке, улучшает физико-механические характеристики готовой продукции.

Реологические исследования сложных композиционных систем для приготовления минерально-гуминовых удобрений на торфяной основе (Г. П. Вирясов, В. А. Тычина) показали, что по характеру кривых течения, развития модулей деформаций и других реологических свойств эти смеси относятся к твердообразным условно-пластичным материалам. С помощью методов реологии обоснованы оптимальные соотношения компонентов для формования гранулированных удобрений с хорошими качественными показателями.

В свое время интенсивное развитие получили работы по созданию и улучшению технологических процессов брикетного производства и, в частности, совместного брикетирования смесей торфа и бурых углей. В работах Л. С. Грешнова, Н. К. Марука изучены основные реологические свойства этих сложных композиционных мате-

риалов и на этой основе разработаны оптимальные составы торфобуроугольных брикетов, оптимизированы процессы подготовки к брикетированию торфяной сушеники и другие технологические процессы торфяного производства.

Развитие исследований по применению в народном хозяйстве сапропелей для получения продукции различного назначения (удобрений, буровых растворов, связующего и др.) остро поставило проблему разработки реологических основ управления их структурой в различных технологических процессах: при транспорте по трубопроводам, при приготовлении промывочных жидкостей.

В исследованиях И. И. Лиштвана, М. З. Лопотко, И. В. Косаревич, Н. Н. Битюкова, А. П. Лецко, Г. Г. Волкова и др. с помощью методов физико-химической механики и реологии установлены закономерности течения и теоретические основы регулирования свойств сапропелевых супензий в зависимости от различных факторов: типа сапропеля, степени дисперсности, концентрации твердой фазы, компонентного состава органической и минеральной части, температуры и давления.

Установлено, что развитие пространственных надмолекулярных структур в сапропелевых супензиях начинается с концентрации С ~1,0 % и проявляется весьма существенно при С = 1,4–1,5 %, когда отдельные молекулярные образования агрегируют не за счет единичных связей и межмолекулярных сил, а в результате кооперативного проявления взаимодействия через водородные связи. Образующиеся коллоидно-дисперсные структуры обладают весьма высокой агрегативной устойчивостью. С ростом содержания органического вещества устойчивость супензий сапропелей возрастает. Так, при концентрации твердой фазы 3–6 % супензии естественных органических сапропелей обладают настолько высокой стабильностью и значениями структурно-реологических характеристик, что могут служить основой для приготовления, например, промывочных жидкостей для буровых работ.

Показано, что гидротермомеханическая обработка высушенных сапропелей позволяет получать стабильные супензии при относительно малом содержании твердой фазы (менее 7–10 %), обнаруживающие хорошо выраженные упругопластично-вязкие свойства и тиксотропию. В результате изучения супензий сапропелей различных типов, концентраций твердой фазы и действия различных химических реагентов установлены реологические характеристики, функциональные и корреляционные связи, наиболее полно отражающие физико-химическую природу и структурно-реологические свойства сапропелевых жидкостей в температурном интервале 2–100 °C. Введение в сапропелевые супензии малых добавок NaOH и Na₂CO₃ позволяет значи-

тельно повысить устойчивость, снизить критическую концентрацию структурообразования и на этой основе получать суспензии с необходимыми реологическими и технологическими показателями при более низкой концентрации твердой фазы.

Разработанные на основе сапропелей буровые растворы обладают высокой стабильностью и устойчивостью к действию солей, высоких температур и давлений. Применение сапропелевых промывочных жидкостей позволяет увеличить скорость проводки скважин, коэффициент восстановления проницаемости и нефтеотдачу пласта в сравнении с глинистыми растворами, в то же время они не оказывают вредного влияния на окружающую среду.

Исследования по коллоидной химии и физико-химической механике торфа проводятся в ряде лабораторий института. Однако наиболее широко эти работы были поставлены в лаборатории физико-химической механики торфа. Здесь разработаны научные основы физико-химической механики торфа, определяющей физико-химические принципы оптимальной технологии модификации торфа с целью создания процессов и получения конечной продукции с заданными параметрами. Исходя из принципов физико-химической механики торфа, показано, что эффективность многих торфяных производств определяется прежде всего структурой торфяного сырья, зависящей от степени биохимического распада торфообразователей и их вида, а также от компактности агрегатов в объеме и соотношения внутри- и межагрегатных взаимодействий.

Как известно, основным методом воздействия на исходное сырье с целью создания оптимальных структур является механическое диспергирование. Однако этот метод не исчерпывает все возможности регулирования свойств торфяных систем, он не затрагивает по существу полуколлоидно-высокомолекулярную составляющую торфа, ответственную за формирование структуры готовой продукции, а распространяется в основном на грубодисперсную фракцию с размером частиц больше 10 мкм, образующую в объеме торфа макроструктуры переплетения.

В физико-химической механике главным является установление структуры исходного материала и готовой продукции. Как правило, здесь различают жидкобольшозернистые структурированные и твердообразные условно-пластичные коагуляционные структуры, конденсационные (кри сталлизационные) структуры, а также когезионные и адгезионные нетиксотропные структуры срастания, переплетения. В торфяных системах коагуляционные структуры образуются из обломков структур переплетения (срастания), состоящих из остатков волокон растений-торфообразователей, а также из надмолекулярных образований (ассоциатов) продуктов распада.

При десорбции влаги число молекулярных и фазовых контактов в пространственной коагуляционной структуре возрастает и при влагосодержании, соответствующем верхней границе пластичности, торфяные системы приобретают свойства твердообразных условно-пластичных дисперсных материалов. При влажности, меньшей нижней границы пластичности, торфяные системы из твердообразного состояния переходят в полутвердое, а затем в упругохрупкое с открытой пористостью. В результате действия в местах фазовых контактов капиллярных эффектов повышается величина внутренних напряжений. Их роль в процессах структурообразования зависит также от скорости усадки торфа, определяющейся прочностью структуры и интенсивностью испарения влаги. Торфяные системы в полутвердом и упругохрупком состояниях являются трехфазными. В предопределении прочности таких структур весьма важно, чтобы как можно дольше в процессе сушки темп усадки следовал за темпом обезвоживания. Для реализации данных условий целесообразно использовать механическое диспергирование и химическое модифицирование в оптимальном сочетании. Особенно это важно в тех случаях, когда в определении закономерностей развития деформирования и разрушения структур определяющая роль принадлежит органо-минеральным комплексно-гетерополярным образованиям (низинный торф).

Таким образом, коллоидную химию и физико-химическую механику торфа можно рассматривать как одно из направлений науки о торфе, обеспечивающее создание на основе физико-химических принципов управляемых процессов в технологии переработки торфяных ресурсов. Развитие данного направления в последние годы привело к новым работам по коллоидной химии, физико-химической механике и теплофизике твердых горючих ископаемых (торфа, бурого угля, горючих сланцев, сапропелей, лигнина) (И. И. Лиштван, Г. П. Бровка, П. Л. Фалюшин, А. М. Абрамец, В. М. Крайко, В. М. Дударчик, И. И. Романенко, Ю. Г. Янuta и др.). Прежде всего, это исследование коллоидно-химических свойств гуминовых кислот торфа, бурого угля, лигнина. Выполненные научные работы (И. И. Лиштван, А. М. Абрамец, Ю. Г. Янuta и др.) [1, 8] позволили выявить специфику их поведения в водных средах с разной реакцией среды, т.е. установить закономерности перехода гуминовых веществ в ряду Золь \rightleftharpoons Гель \rightleftharpoons Истинный раствор. В результате разработаны технологии: фракционирования гуминовых кислот каустобиолитов для производства на их основе стандартизованных гуминовых препаратов, т. е. препаратов с заданными физико-химическими свойствами; гуминовых сорбентов ионов тяжелых металлов для решения задач охраны окружающей

среды; мелиорантов-смачивателей почв, в которых в качестве ПАВ выступают соли гуминовых кислот.

Исследованы также механизмы миграции влаги и растворенных веществ в тонких пленках влагонасыщенных дисперсных систем. На основе установленных закономерностей миграции водо-растворимых гуминовых соединений разработаны: технологии как производства, так и применения гуминовых мелиоративных материалов для рекультивации антропогенно нарушенных территорий; гуминовых мелиорантов почв для зеленого обустройства пустынных территорий. Исследования специфики гидрофильно-липофильного баланса гуминовых веществ каустобиолитов позволили разработать сорбенты неполярных углеводородов как препаратов для ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.

Традиционно проводимые исследования реологии дисперсий гуминовых веществ каустобиолитов позволили разработать технологии производства и применения реологически сложных гуминовых супспензий с регулируемыми свойствами для использования их в качестве буровых растворов, в том числе и на основе буровых углей, залегающих в белорусском Полесье.

Технологии и материалы, созданные на принципах физико-химической механики, являются «продуктами» теоретических и экспериментальных исследований в области коллоидной химии и физико-химии поверхностных явлений, процессов массопереноса в дисперсных материалах (почвах, грунтах).

В целом за последний период разработаны технологические процессы, нормативно-техническая документация и организовано производство более 20 новых гуминовых препаратов (продуктов) на основе каустобиолитов как для внутреннего рынка, так и на экспорт.

К числу работ по коллоидной химии и физико-химической механике можно отнести исследования по теплофизическим характеристикам горных пород и взаимосвязанным процессам тепло- и массопереноса в природных дисперсных средах, включив работы по оценке фазового равновесия воды и перенос тепла в горных породах при больших гидростатических давлениях.

Учитывая необходимость совершенствования методов исследования теплофизических характеристик горных пород в указанном направлении разработаны калориметр и устройство для определения коэффициента теплопроводности грунтов, позволяющие проводить измерения при повышенных статических нагрузках на испытуемые образцы.

Выполненные экспериментальными исследованиями установлено, что по степени воздействия давление на капиллярно-пористый материал, созданное с помощью механической нагрузки, отличается от аналогичной величины

давления, созданного с помощью сжатого газа. Это можно объяснить различным механизмом передачи гидростатического давления на воду в материале при чисто механическом воздействии и с помощью сжатого газа. Так, при чисто механическом воздействии часть нагрузки воспринимается твердым скелетом материала, а при воздействии сжатого воздуха давление передается жидкой фазе более полно.

С данных позиций можно объяснить меньшие величины сдвига фазовых переходов воды в лед в различных капиллярно-пористых материалах при механическом воздействии по сравнению с аналогичными величинами при воздействии сжатого газа. Так при механическом воздействии на капиллярно-пористые системы с легкодеформируемым скелетом при не полном влагонасыщении (нагрузка 9 МПа), такие как торф и каолин, сдвиг температуры начала замерзания воды происходит на 0,34–0,49 °С, что составляет 50–75 % от соответствующего сдвига температуры фазового перехода для свободной воды. По мере приближения влажности образца к максимальной соответствующее смещение стремится к 80–90 %.

Можно предположить, что такой результат определяется частичным восприятием скелета капиллярно-пористой системы механической нагрузки. Для капиллярно-пористой системы с более жестким скелетом, таком как кварцевый песок, механическое воздействие компенсируется скелетом еще в большей степени. Об этом свидетельствуют данные, по которым видно, что сдвиг температуры начала замерзания для нагрузки 9 МПа составляет 0,21–0,25 °С.

В традиционных подходах физико-химической механики дисперсных систем основное внимание уделяется механизму взаимодействия элементов структуры на поверхностях раздела фаз. При этом такое взаимодействие рассматривается преимущественно в квазистатическом режиме. В то же время А. В. Лыковым показано, что преобразование макроструктуры материалов при сушке зависит от температурно-влажностного режима и соответствия темпов усадки и обезвоживания. Из работ по криогенной миграции влаги и пучению грунтов известно, что перераспределение влаги, интенсивность криогенного пучения и преобразование структуры промерзающих материалов определяются динамикой в них температурных полей. Таким образом, наряду со статическими параметрами взаимодействия структурных элементов необходимо учитывать динамику и неоднородность температурных и влажностных полей в дисперсных системах. Это можно реализовать, решая задачи взаимосвязанного теплопереноса и преобразования структуры.

В указанном направлении разработаны методы компьютерного и лабораторного моделиро-

вания преобразования структуры природных дисперсных систем в неоднородных температурных и влажностных полях, в частности при промерзании и сушке.

По данным лабораторного моделирования преобразования структуры установлено, что размеры элементов криогенной структуры влагонасыщенных органогенных дисперсных систем прямо пропорциональны расстоянию от охлаждаемой поверхности или обратно пропорциональны градиенту температуры в момент промерзания данной зоны. Это соответствует разработанным теоретическим положениям миграции влаги и преобразования структуры при промерзании дисперсных систем с легкодеформируемым скелетом.

Исследовано влияние наличия минеральных водорастворимых соединений на характеристики тепломассопереноса и структурообразование при промерзании органогенных дисперсных систем. Установлено, что наличие в поровом растворе сапропеля солей металлов или щелочи при концентрации порядка 2 % полностью подавляет процесс влагопереноса в мерзлую зону. Криогенное строение органогенной дисперсной системы при этом закономерно изменяется и характеризуется преобладанием вертикальных шлиров и вырождением горизонтальной составляющей, что говорит о подавлении миграционно-сегрегационного текстурообразования. Это объясняется влиянием осмотической составляющей на движущие силы влагопереноса и соответствует разработанным математическим моделям влагопереноса при промерзании дисперсных систем, содержащих в поровом растворе водорастворимые соединения.

Для численного моделирования и визуализации взаимосвязанных процессов переноса тепла, влаги и преобразования структуры разработан метод динамичных структурных элементов. Компьютерное моделирование, выполненное с помощью указанного метода, показало, что трещинообразование, а вместе с тем и механическая прочность структур, полученных в процессе сушки, определяются наряду с прочностными параметрами взаимодействия структурных элементов режимом обезвоживания, возможностью релаксации напряженного состояния за счет изменения формы и структурными неоднородностями образцов.

В последнее время в лаборатории разработан метод численного моделирования взаимосвязанных процессов переноса тепла, влаги и формирования напряженно-деформированного состояния в горных породах применительно к проходке шахтных стволов калийных рудников в сложных гидрогеологических условиях с применением искусственного замораживания. Этот метод позволяет рассчитать температурно-влажностный режим, тензоры напряжения и деформации в горных выработках, что дает возможность оптимизировать режимы замораживания, а также обеспечить устойчивость и безаварийное состояние горных выработок.

Таким образом, работы института по коллоидной химии и физико-химической механике, выполненные в разное время, тесно связаны с задачами практики и характеризуются глубокой научной проработкой рассматриваемых технологических проблем [3, 11].

Литература

1. Абрамец, А. М. Массоперенос в природных дисперсных системах / А. М. Абрамец, И. И. Лиштван, Н. В. Чураев. Минск, 1992.
2. Бровка, Г. П. Взаимосвязанные процессы тепло- и массопереноса в природных дисперсных средах / Г. П. Бровка. Минск, 2011.
3. Косов, В. И. Торф: ресурсы, технологии, геоэкология / В. И. Косов [и др.]. Санкт-Петербург, 2007.
4. Лиштван, И. И. Исследование физико-химической природы торфа и процессов структурообразования в торфяных системах с целью регулирования их свойств / И. И. Лиштван: Автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. Калинин, 1969.
5. Лиштван, И. И. Физика и химия торфа / И. И. Лиштван [и др.]. М., 1989.
6. Лиштван, И. И. Физические свойства торфа и торфяных залежей / И. И. Лиштван [и др.]. Минск, 1983.
7. Лиштван, И. И. Основные свойства торфа и методы их определения / И. И. Лиштван, Н. Т. Король. Минск, 1975.
8. Лиштван, И. И. Физико-химическая механика гуминовых веществ / И. И. Лиштван, В. Н. Круглицкий, В. Ю. Третинник. М, 1976.
9. Лиштван, И. И. Микро- и макрореология дисперсных систем / И. И. Лиштван. Минск, 1975.
10. Лиштван, И. И. Физико-химические основы технологии торфяного производства / И. И. Лиштван [и др.]. Минск, 1983.
11. Томсон, А. Э. Торф и продукты его переработки / А. Э. Томсон, Г. В. Наумова. Минск, 2009.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 15.09.2012 г.

И. И. Лиштван

**КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА ТОРФА:
ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Дано определение торфа с коллоидно-химических позиций как многокомпонентной полуколлоидно-высокомолекулярной системы с признаками микромозаичной гетерогенности. Рассмотрено влияние дисперсности категорий и фазовых состояний влаги, гидрофильности, обмена ионов на формирование структуры и течение основных технологических процессов при сушке и производстве торфяной продукции.

Выявлены главные факторы и принципы регулирования микро- и макроструктуры торфа, используя положения реологии и физико-химической механики природно-дисперсных систем и материалов. Приведены этапы становления и развития современных направлений исследований по развитию коллоидной химии и физико-химической механики торфа.

I. I. Lishtvan

**COLLOID CHEMISTRY AND PHYSICAL-CHEMICAL PEAT MECHANICS:
DEVELOPMENT HISTORY AND MODERN RESEARCHES TRENDS**

The definition of peat from colloid-chemical positions as a multi-component semi-colloid-high-molecular system with features of micro-mosaic heterogeneity has been given. The impact of dispersion ability of categories and phase moisture state, hydrophilicity, ions exchange on the formation of the structure and run of main technological processes under drying and production of peat produce has been regarded.

Main factors and principles of regulation of micro- and macro structure of peat using provisions of rheology and physical-chemical mechanics of natural dispersed systems and materials have been revealed. The stages of the formation and the development of important trends of researches regarding the development of colloid chemistry and physical-chemical peat mechanics have been provided.

Б. В. Курзо, О. М. Гайдукевич, В. К. Жуков**ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ГЕНЕЗИСА, РЕСУРСОВ И ОСВОЕНИЯ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ САПРОПЕЛЯ БЕЛАРУСИ**

Приведены результаты работ в области генезиса, ресурсов, способов и перспектив освоения месторождений сапропеля Беларуси.

Сапропель – ценный источник органического сырья – залегает в пресноводных водоемах замедленного водообмена. Научный интерес к сапропелю возник около 100 лет назад. В современном понимании термин «сапропель» впервые использовал Г. Потонье в 1920 г. [15]. В 1932 г. при рассмотрении перспективных направлений научной деятельности образованного Института торфа Президиум АН БССР рекомендовал уделять особое внимание сапропелю [12]. В ранний период становления института изучались ресурсы месторождений сапропеля некоторых озер, расположенных в восточных областях современной Беларусь [18], исследовались возможности химико-технологической переработки сапропеля, его применения в бальнеологии.

В послевоенный период в Институте торфа изучали возможность использования сапропеля в сельском хозяйстве, деревообрабатывающей промышленности и металлургии. Известным ученым в области торфяных и сапропелевых ресурсов доктором биологических наук А.П. Пидопличко [14, 17] разработана классификация сапропелевых отложений республики. В середине 60-х гг. XX в. в институте разработана и в опытно-промышленных условиях проверена технологическая схема добычи сапропеля.

Новый этап в развитии исследований сапропеля и сапропелевых месторождений связан с именем доктора технических наук М. З. Лопотко [17]. При научно-методической поддержке института [11] в 1976 г. положено начало промышленному производству сапропелевых удобрений – на озерах Червоное Гомельской и Вечер Минской областей построены объекты по добыче сапропеля с использованием средств гидромеханизации. К началу 90-х гг. прошлого века уже действовало около 50 объектов. Особое внимание в те годы уделялось оценке ресурсов сапропеля в открытых водоемах. Комплексно исследованы ресурсы сапропеля в более чем 650 крупных озерах республики. Итогом этих работ стал Кадастр сапропелевых месторождений в озерах для административных областей и районов республики [5–7]. Разработана промышленно-генетическая классификация видов сапропеля [19]. Результаты исследований сапропеля обсуждались на четырех специализированных научных конференциях, органи-

зованных Институтом торфа в 1956, 1974, 1981 гг. и Институтом проблем использования природных ресурсов и экологии в 1992 г.

Изменение условий хозяйствования в 1990-е гг. определило новые направления в научно-прикладном познании природы сапропеля. В настоящее время особое внимание уделяется ресурсам сапропеля малых озер и залегающих под торфом, так как в силу меньших затрат данные объекты имеют перспективы для освоения. Проводятся исследования генезиса и ресурсов сапропеля, экологического состояния водоемов по качественной характеристике его осадков, детальной разведке перспективных для добычи сапропеля объектов. Для практического применения созданы нормативные [19] и инструктивные документы [3, 4].

Используя результаты геологоразведочных работ на сапропель [10], выполнены сбор сведений, систематизация, создана базы данных по запасам сапропеля и картирование его месторождений в 670 озерах и в 487 выбывших из эксплуатации торфяных месторождений, что позволяет решать задачи научного и прикладного характера. Созданная электронная база данных по ресурсам сапропеля содержит сведения о расположении месторождений, морфометрических характеристиках озер и торфяных месторождений, глубинах воды, мощности отложений сапропеля, характеристиках его вещественного состава, объемах, запасах и классах сапропелевого сырья. Она дополняется и корректируется, позволяет проводить систематизацию месторождений сапропеля, статистическую обработку и анализ данных по интересующим объектам, а также создавать отчеты по имеющимся количественным характеристикам в пределах административных областей и районов.

При изучении закономерности формирования запасов сапропеля в озерно-болотных комплексах Беларуси установлено, что около трети болот образовалось на месте заиленных озер [9]. Абсолютное большинство крупных торфяных месторождений начало развитие с озерной стадии. В 1256 болотах попутно с торфом разведано более 1127 млн м³ или 653 млн т сапропеля в пересчете на 60 %-ное содержание влаги, а 130 млн м³ подсчитаны прогнозно (табл.1).

Таблица 1. Запасы и типологический состав сапропеля на торфяных месторождениях Беларуси, млн м³

Область	Всего	Запасы сапропеля по типам					Прогнозные ресурсы
		органический	кремнеземистый	карбонатный	смешанный	не установлен	
Брестская	180,2	41,3	51,2	69,0	13,7	5,0	1,0
Витебская	627,8	218,1	214,4	115,1	59,0	21,2	93,0
Гомельская	63,2	16,7	27,4	16,1	1,4	1,6	14,3
Гродненская	89,5	6,1	24,2	51,1	7,4	0,7	2,3
Минская	117,8	27,3	31,8	36,9	17,2	4,6	9,6
Могилевская	48,3	13,6	12,9	13,3	5,4	3,1	10,3
Всего	1126,8	323,1	361,9	301,5	104,1	36,2	130,5

Определены ресурсы сапропеля на выработанных и разрабатываемых торфяных месторождениях, которые составляют 352 млн т. Из них 108 млн т относятся к категории потенциально извлекаемых при существующих технологиях разработки. Материалы по возрасту болот свидетельствуют, что возрастная граница массового отмирания озер и превращения их в болота становится моложе по мере продвижения на север от территории Полесья к районам последнего континентального оледенения. Установлено, что южнее границы последнего оледенения ежегодные темпы вертикального прироста донных отложений на 70–100 % выше, чем темпы сменившего их торфа. В Поозерье, за счет широкого развития болот верхового типа, скорость накопления перекрывающего сапропель торфа несколько выше, чем скорость накопления подстилающих озерных осадков. Наиболее массово полное за-

торфование акваторий и отмирание водоемов на озерно-болотных комплексах Беларуси происходило в конце бореального – первой половине атлантического времени, в течение которого прекратило существование почти 50 % заболоченных озер.

В результате анализа структурных особенностей залежей сапропеля под торфом, которые включают общее количество ресурсов озерных осадков на торфяном месторождении, соотношение торфа и подстилающего сапропеля, выдержанность последнего по простиранию, а также его вещественный состав, разработана классификация торфосапропелевых месторождений (рис. 1), которая наглядно отражает продолжительность, масштабы и продуктивность седиментации на озерной стадии развития озерно-болотного комплекса по сравнению с болотным этапом.

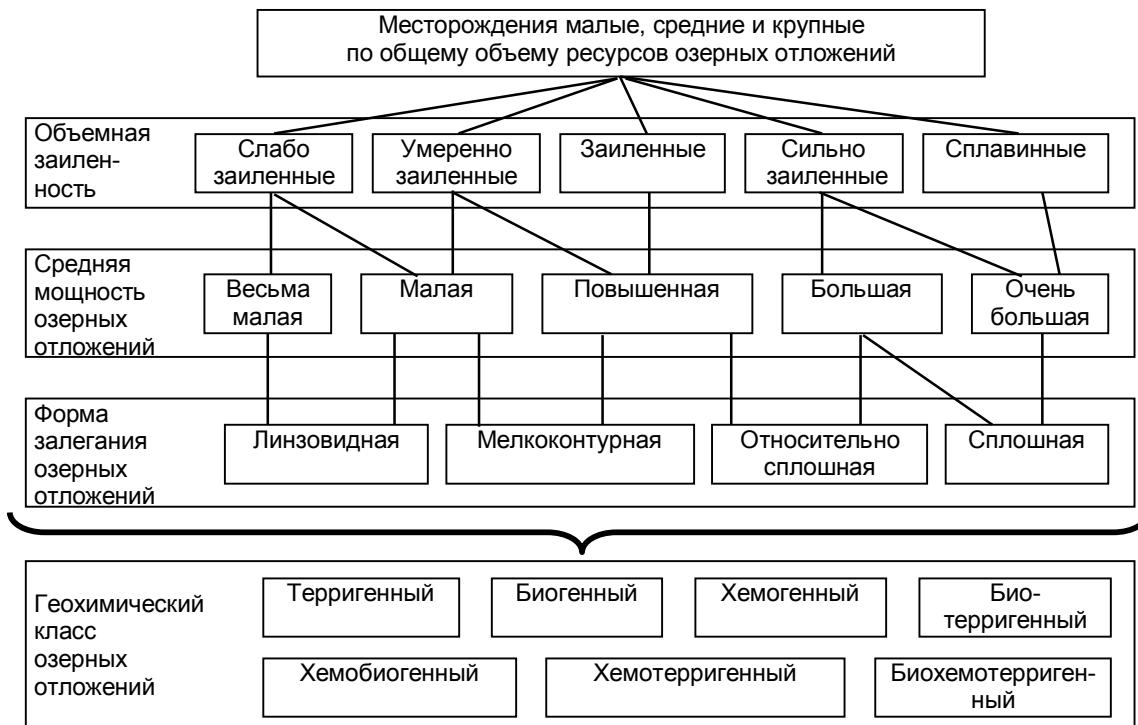


Рис. 1. Схема классификации торфосапропелевых месторождений по объему и геохимическому классу озерных отложений

Классификация обобщает знания по смешанным торфосапропелевым месторождениям, позволяет систематизировать данные и целенаправленно выбирать схемы разработки залежей.

Для поиска перспективных для разработки месторождений и обоснования схемы их освоения проведено районирование территории Республики Беларусь по вещественно-генетическим типам залежей. Для этого, с учетом их строения, разработаны критерии отнесения сапропелевых месторождений к определенному классу (табл. 2). В основу выделения данных классов положен принцип преобладания запасов сапропеля того или иного типа

и характер напластования от поверхности к основанию разрезов. Преобладание на территории сапропелевых месторождений определенного класса позволяет выделять районы, различающиеся по источникам осадочного вещества.

Районирование территории Беларуси выполнено на карте масштаба 1:500 000. На данную карту и базу данных к ней получено регистрационное свидетельство № 1381001118 от 02.11.2010 о Государственной регистрации информационного ресурса.

На территории Беларуси выделено 60 районов озерного осадконакопления (рис. 2).

Таблица 2. Критерии отнесения сапропелевых месторождений к определенному классу по вещественно-генетическим типам осадков для районирования территории по особенностям осадкообразования

Класс месторождения	Район осадконакопления	Объем запасов сапропеля по типам, %			
		органический	кремнеземистый	карбонатный	смешанный
Биогенный	Органический	> 50	≤ 40	≤ 10	≤ 10
Терригенный	Силикатный	≤ 40	> 50	≤ 20	≤ 10
Хемогенный	Карбонатный	≤ 20	≤ 20	> 50	≤ 10
Смешанный (поликомпонентный)	Смешанный	20–40	20–40	20–40	20–40
Смешанный (бикомпонентный)	Органо-силикатный	30–50	30–50	≤ 10	≤ 10
Смешанный (бикомпонентный)	Органо-карбонатный	30–50	≤ 10	30–50	≤ 10
Смешанный (бикомпонентный)	Силикатно-карбонатный	≤ 10	30–50	30–50	≤ 10

Каждому району присвоен порядковый номер и название: 1 – Браславский силикатно-карбонатный район; 2 – Браславско-Миорский силикатный; 3 – Миорско-Шарковщинский органический; 4 – Южно-Браславский органо-силикатный; 5 – Лучайский смешанный; 6 – Островецко-Поставско-Полоцко-Россонский силикатный; 7 – Сморгонско-Мядельско-Глубокско-Борисовский органо-карбонатный; 8 – Свирско-Нарочанский карбонатный; 9 – Сморгонско-Вилейский смешанный; 10 – Лепельский органо-карбонатный; 11 – Центрально-Ушачский органо-силикатный; 12 – Ушачско-Лукомльский силикатный; 13 – Погоцкий органический; 14 – Западно-Россонский органо-силикатный; 15 – Верхнедвинский органо-карбонатный; 16 – Освейский органо-силикатный; 17 – Западно-Городокский силикатный; 18 – Северо-Городокский органо-силикатный; 19 – Городокско-Витебско-Бешенковичский силикатный; 20 – Городокско-Шумилинско-Лепельско-Сенненский органо-силикатный; 21 – Коковчинский карбонатный; 22 – Могилевско-Шкловский карбонатный; 23 – Толочинско-Круглянско-Быховский органо-карбонатный; 24 – Крупско-Борисовско-Белыничский органический; 25 – Северо-Крупский смешанный; 26 – Березинско-Кличевский силикатный; 27 – Смолевичский органо-карбонатный; 28 – Логойский органо-силикатный; 29 – Западно-Молодечненский карбонатный и органо-карбонатный районы; 30 – Западно-Ошмянский карбонатный;

31 – Радуньско-Лидско-Новогрудский карбонатный; 32 – Озерско-Щучинский карбонатный; 33 – Сапоцкино-Гожский силикатно-карбонатный; 34 – Берестовицкий карбонатный; 35 – Дрогично-Барановичско-Несвижско-Минский органо-карбонатный; 36 – Брестско-Пружанский органо-силикатный; 37 – Каменецко-Жабинковский карбонатный; 38 – Малоритский район смешанного осадконакопления; 39 – Кобринско-Пинский район смешанного осадконакопления; 40 – Ивановский органо-силикатный; 41 – Пинский органо-силикатный; 42 – Клецко-Ганцевичский органический; 43 – Копыльско-Солигорско-Любанский органо-карбонатный; 44 – Житковичский органический; 45 – Столинско-Лельчицкий силикатный; 46 – Октябрьско-Глусско-Любанский органический; 47 – Пуховичско-Осиповичский органо-силикатный; 48 – Руденский органический; 49 – Дзержинско-Минский карбонатный; 50 – Бобруйско-Светлогорско-Гомельский силикатный; 51 – Мозырско-Наровлянский силикатно-карбонатный; 52 – Брагинский силикатный; 53 – Лоевский карбонатный; 54 – Добрушский карбонатный; 55 – Чечерский органо-силикатный; 56 – Кормянский карбонатный; 57 – Хотимско-Костюковичский органо-силикатный; 58 – Славгородско-Рогачевский силикатно-карбонатный; 59 – Быховско-Чаусский органо-карбонатный; 60 – Мстиславский силикатно-карбонатный.

Формирование выделенных районов связано с генезисом рельефа, гидрогеологическими и почвенными условиями и особенностями заболачивания озерных водосборов. В пределах Рес-

публики Беларусь количественно преобладают районы органо-силикатного (13 районов) и карбонатного (13) осадконакопления, а также районы силикатного (9) и органо-карбонатного (8).

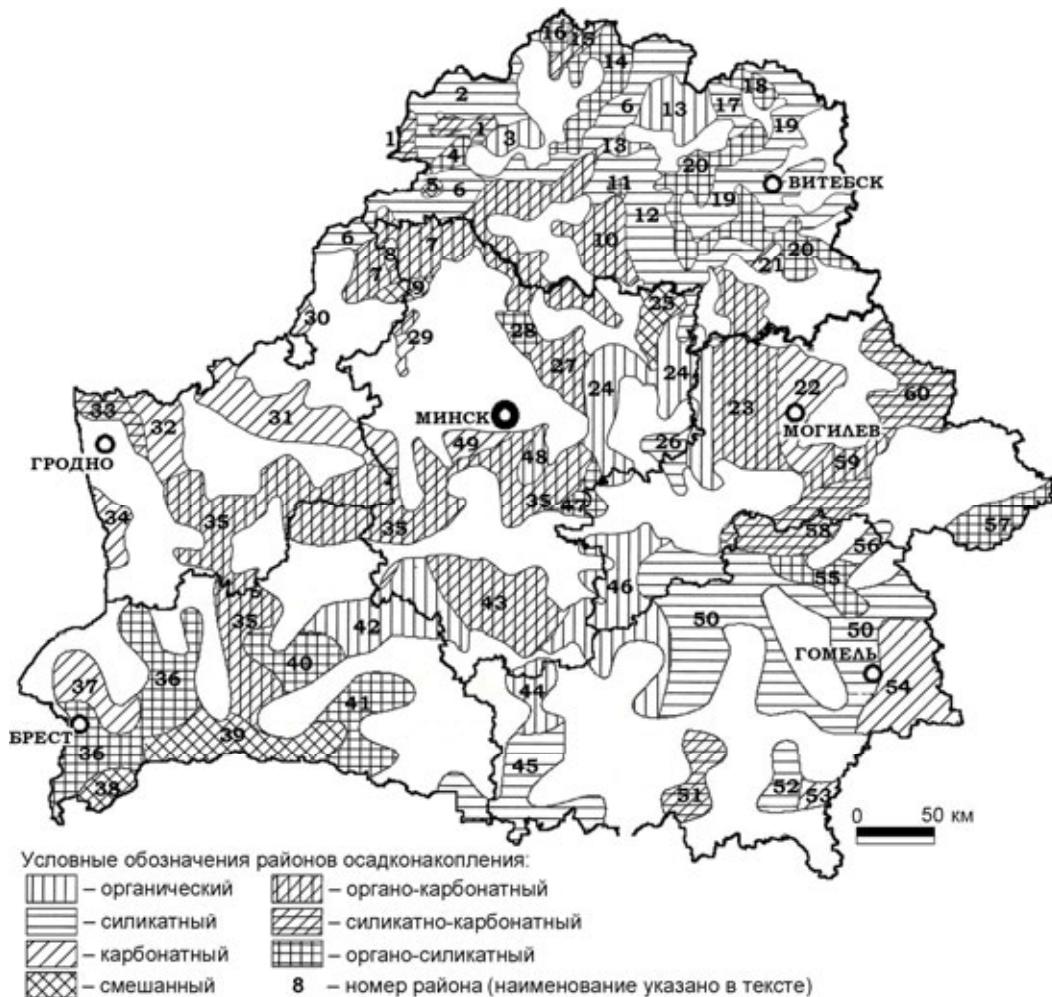


Рис. 2. Районирование территории Беларуси по вещественно-генетическим типам озерного осадконакопления (составил Б. В. Курзо, 2010)

Разведанные запасы сапропеля в озерах составляют более 2130 млн м³ (табл. 3). Согласно прогнозным расчетам в неисследованных малых озерах сосредоточено 555 млн м³. В основном ресурсы сапропеля озер размещены в Витебской – 1940 млн м³ (72 % общих) и Минской – 410 млн м³ (15 %) областях. Незначительными ресурсами озерного сапропеля отличается Могилевская область – около 30 млн м³ или немногим более 1 % общего объема в озерах.

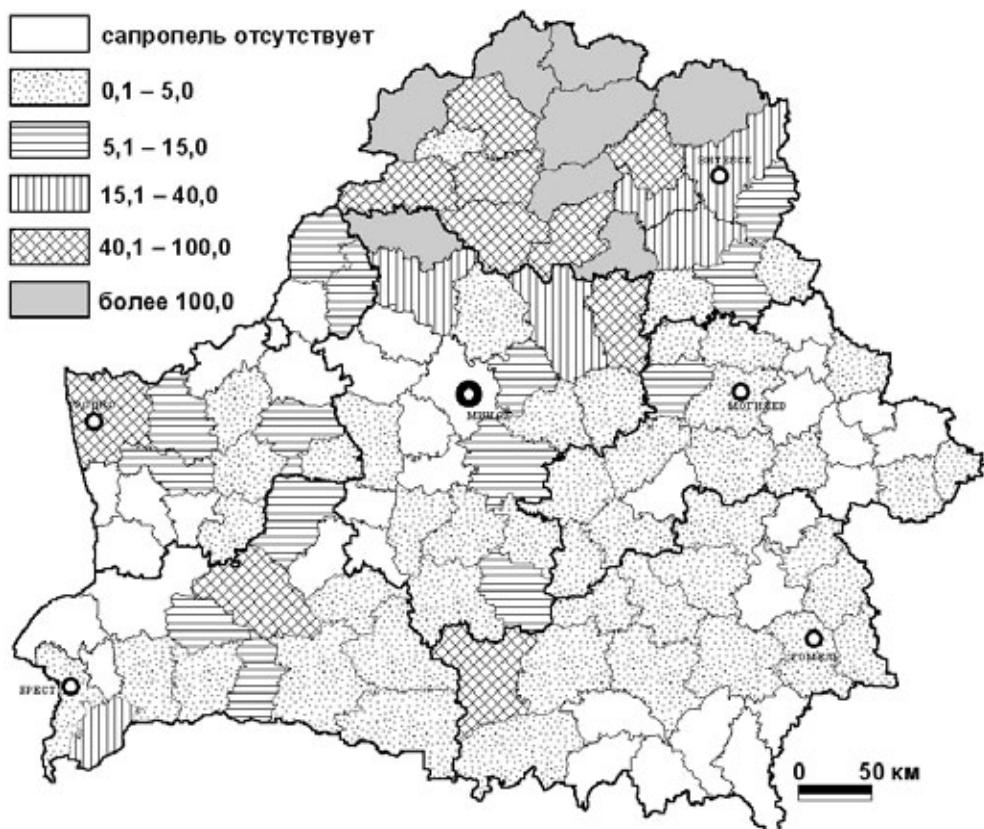
В последние годы выполнена детальная разведка, в результате чего в Республиканской комиссии по запасам полезных ископаемых утверждены запасы сапропеля в четырех озерах: Прибыловичи Лельчицкого района, Буевское Лиозненского, Вальверово Поставского и Святое Ро-

гачевского района. Первые два месторождения перспективны для использования в сельском хозяйстве (удобрения, кормовые добавки), а два других – для производства и применения лечебных грязей в Витебском и Гомельском регионах.

Ресурсы озерного сапропеля размещены по территории республики крайне неравномерно (рис. 3). Наиболее обеспеченные запасами сапропелевого сырья районы сосредоточены в Витебской области в зоне последнего континентального 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 Поозерское время.

Таблица 3. Геологические ресурсы сапропеля Беларуси, млн м³ (на 01.07.2012 г.)

Область	Сапропель в озерах					Сапропель на торфяных месторождениях					Общие геологические ресурсы сапропеля	
	разведанные запасы	ресурсы		состав		ресурсы		состав				
		прогнозные	общие	влага	зольность	предварительно оцененные	на выработанных торфяных месторождениях	прогнозные	общие	влага		
Брестская	116,6	3,94	120,5	89,0	42,5	180,2	56,9	1,0	181,2	77,8	53,8	301,7
Витебская	1590,6	349,27	1939,9	86,9	53,1	627,8	302,0	93,0	720,8	81,6	42,1	2660,7
Гомельская	86,9	3,78	90,6	88,1	39,3	63,2	43,3	14,3	77,5	75,7	54,2	168,1
Гродненская	77,3	20,96	98,2	86,7	48,6	89,5	51,3	2,3	91,8	73,3	55,4	190,3
Минская	235,3	174,35	409,7	86,3	37,4	117,8	78,5	9,6	127,4	74,8	54,2	537,0
Могилевская	26,5	2,9	29,4	85,1	40,5	48,3	42,1	10,3	58,6	77,2	49,2	88,0
Всего	2133,2	555,20	2688,4	86,9	50,5	1126,8	574,2	130,5	1257,3	78,8	47,2	3945,7

Рис. 3. Размещение ресурсов озерного сапропеля, млн м³

Размещение ресурсов сапропеля на торфяных месторождениях свидетельствует о более равномерном их распределении по территории, чем ресурсов, сосредоточенных в озерах (рис. 4).

Вещественный состав осадков в обобщенном виде характеризуется их типологической структурой, устанавливаемой в соответствии с нормативными документами [19]. В озерах преобладает кремнеземистый тип сапропеля, запасы которого в республике составляют 1720 млн м³ или 64 % от общих. Особенно велика доля кремнеземистого сапропеля в озерах Гомельской, Ви-

тебской 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 м³ (60 % общих запасов по области) в первой и 13,8 млн м³ (47 %) во второй области. В озерах Гродненской области преобладает карбонатный сапропель – 40 % общих ресурсов или 39,3 млн м³.

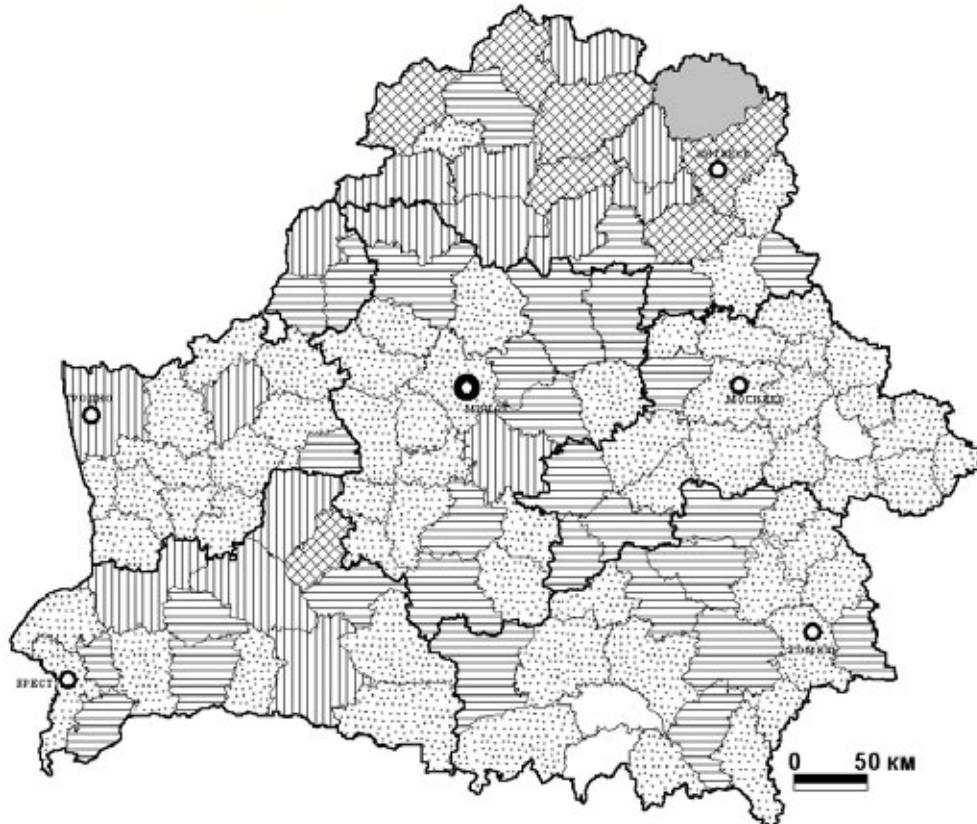


Рис. 4. Размещение ресурсов сапропеля под торфом, млн м³.
Условные знаки см. на рис. 3

Состав ресурсов сапропеля на торфяных месторождениях более сбалансирован по типам. 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 торфяных месторождениях 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 торфяных месторождений, что нехарактерно для остальных областей. В Гомельской области, как в озерах, так и под торфом, явно преvalирует кремнеземистый сапропель – 45 % общих ресурсов, а на торфяных месторождениях Витебской области основным типом сапропеля является органический, запасы которого составляют около 260 млн м³, или 36 % общих запасов.

Большое внимание уделяется вопросам освоения месторождений сапропеля. Сапропе-

ль – это, прежде всего, местное сырье, транспорт которого на большие расстояния экономически нецелесообразен, так как в естественном состоянии он содержит большое количество воды. Вода связывается органическим веществом сапропеля, поэтому удаление влаги из него представляет определенные трудности. Погодные условия Беларуси в летний период позволяют эффективно осуществлять полевую сушку сапропеля и нет необходимости использовать энергоемкие средства обезвоживания.

Как показали экспериментальные исследования по сушке различных видов донных отложений озера Прибыловичи, сушка сапропеля вследствие его сравнительно невысокой начальной влаги проходит в основном в радиационно-конвективном режиме с незначительной фильтрацией в подстилающий грунт на начальном этапе. Перемешивание кремнеземистого сапропеля в начальный период сушки (0–9 сут до содержания влаги около 76 %) неэффективно, так как сапропель имеет еще достаточную поверхность для испарения, поры его еще не закольматированы, имеется достаточный подвод влаги к поверхности испарения. Сушка сапропеля сопровождается значительным уплотнением и объемной усадкой. Карбонатный сапропель уменьшается в объеме в 4,5–4,8 раза, кремнеземистый – в 3,8 раза. Из карбонатного сапропеля удаление влаги происходит более интенсивно, чем из

кремнеземистого с повышенным содержанием органического вещества. Процесс сушки сапропеля кремнеземистого и карбонатного типов условно разделяется на периоды наибольшей интенсивности сушки и угасающей сушки. Средняя интенсивность сушки сапропеля в течение первого периода $1,6\text{--}4,7 \text{ кг}/\text{м}^2\cdot\text{сут}$, второго – $0,3\text{--}1,6 \text{ кг}/\text{м}^2\cdot\text{сут}$.

Продолжительность сушки в среднем пропорциональна толщине сушильного слоя, однако предпочтительнее осуществлять сушку сапропеля в более тонких слоях, так как уменьшается ее зависимость от погодных условий. Полевой сушкой сапропеля возможно снижение содержания влаги до уровня 50–60 %. Понижение до влаги 20–40 % в полевых условиях – достаточно длительный процесс, зависящий от погодных условий, поэтому для получения сапропеля такой влажности целесообразно производить его полевую сушку до влаги 50–60 % с последующей досушкой в сушильных установках.

Как показывают результаты экспериментов, вакуумирование и вибрационные воздействия на сапропель в естественном состоянии эффективны только при содержании влаги 90–95 %. Введение кальцийсодержащих добавок в сапропель проявляется в изменении межагрегатного взаимодействия, упрочнении структуры, создании компактноагулированных агрегатов, и, в конечном счете, ускоряет водоотдачу.

В области поиска новых направлений использования сапропеля проведены экспериментальные работы по щелочному выделению гуматов из его смеси с торфом. В РФ и Украине рядом предприятий уже наложен выпуск гуминовых препаратов из сапропеля. Отмечается, что они имеют преимущества перед другими гуматами и гуминовыми удобрениями: макромолекулы получаемых из сапропеля гуминовых кислот и фульвокислот имеют меньшие размеры, оптимальные для проникновения в корни и листовые устьица растений [2]. Это чрезвычайно важно при проведении эффективных корневых и внекорневых подкормок.

Биологическая активность гуминовых кислот и фульвокислот, полученных из сапропеля, превышает аналогичный показатель для гуминовых удобрений, полученных из торфов, углей, вермикомпостов и т.п. [13]. Это объясняется более высоким содержанием в продуктах сапропеля микроэлементов и гидролизуемых веществ – аминокислот, моно- и лигосахаридов – веществ легкомобилизуемых, в первую очередь вовлекаемых в круговорот углерода «почва – микроорганизмы – растения – почва».

Основное внимание разработчиков гуминовых препаратов направлено на получение растворимых гуматов калия и/или натрия, что связано с относительной простотой аппаратурного оформления технологической схемы: нет необ-

ходимости в сложных аппаратах, работающих при повышенных давлениях и температурах. Области применения гуматов широки – от сельского хозяйства до медицины. При анализе представляемых многочисленными торговыми компаниями рекламных материалов по продаже гуматов калия и натрия установлено, что нижним пределом концентрации поставляемых жидких гуматов является 40 г/л, поэтому наши работы были направлены на получение гуматов при экстракции смеси «торф + сапропель» с концентрацией не ниже 4 % (40 г/л). Применительно к изученному низинному торфу участка Милошевичи и кремнеземистому сапропелю озера Прибыловичи это смесь 70 % торфа и 30 % сапропеля.

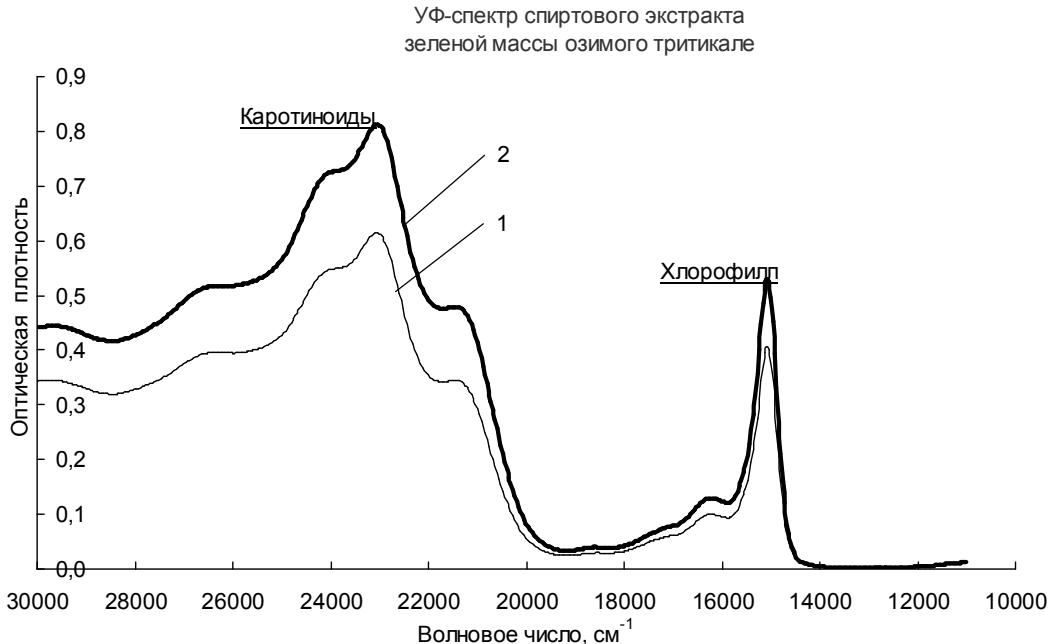
Определены оптимальные условия выделения гуматов калия и натрия: гидромодуль не менее 1:9, температура экстракции 97–98 °С, время экстракции не менее 1 ч. Методами термического анализа и УФ-спектроскопии изучена химическая природа фракций гуматов калия, полученных в различных условиях, и показано, что фракции, выделенные в течение 6 ч при высоком расходе щелочи, обогащены лигноподобными структурами. Тестовыми опытами в кассетах с песчаной почвой показана высокая эффективность двух методов применения гуматов: замачивание семян и полив, причем оптимальные концентрации смешанных гуматов оказались более низкими, чем торфяных препаратов «Оксигумат» и «Гидрогумин».

В лабораторном эксперименте с разработанным жидким препаратом «ТОСАГУМ-7К» установлено эффективное воздействие последнего на рост и развитие ячменя, томата и озимого трикале при предпосевной обработке семян и поливе растений. Для ячменя, кукурузы и озимого трикале привесы массы составили 8–40 %. В настоящее время проводятся мелкоделячные опыты на подсолнечнике, кукурузе и сое. Из листьев перезимовавшего озимого трикале методом спиртовой экстракции выделены экстракти и сняты их УФ-спектры. Из приведенных на рис. 5 данных видно, что содержание каротиноидов и хлорофилла в опытном образце, выращенном из обработанных препаратом «ТОСАГУМ-6Н» семян, на 15–25 % выше, чем в контрольном, причем масса 1 растения на 40 % выше за счет увеличения степени кустистости с 1,88 до 2,43.

Созданные опытные партии препарата переданы в Институт овощеводства и Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси для проверки в промышленных условиях. На основе твердого остатка после выделения препарата «ТОСАГУМ-7К» разработаны составы органоминеральных гранулированных удобрений пролонгированного действия «ГУМИСАТ» для различных сельскохозяйственных культур (зерновых, овощных культур, риса, сои, винограда, ку-

курузы). Опытная партия препарата «ГУМИСАТ» и гумата калия «ТОСАГУМ -7К» переданы на испытания в Украину (ННЦ «Институт земледелия НААН Украины») и Республику Азербайджан (ООО «Митта»). На основе гумата натрия, выде-

ленного из смеси торфа и сапропеля, совместно с Институтом физиологии НАН Беларуси разработан состав и проект технических условий на препарат для бальнеологии.



**Рис. 5. Влияние способа предпосевной обработки семян на содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях озимого тритикале
(предпосевная обработка: 1 – в воде; 2 – в 0,07 %-м растворе «ТОСАГУМ-6Н»)**

Предложены и обоснованы технология и средства разработки сапропеля озер и залегающего под торфяной залежью способом канатного скреперования. С учетом специфических условий сапропелевых месторождений и физических свойств сапропеля для экскавации предлагается использовать рабочие органы оригинальной конструкции. Получены патенты на полезные модели рабочих органов [1, 7]. Рабочий орган объемом 1 м³ с подвижным дном изготовлен, прошел производственные испытания в соответствии с разработанной методикой и показал свою дееспособность. Конструктивное исполнение рабочих органов позволяет выполнять работы под водой, на водной поверхности, на торфяном участке, а также обеспечивает повышение производительности канатно-скреперной установки (КСУ) за счет лучшего заполнения и опорожнения скрепера. Оборудование отличается низкой металлоемкостью. Залежь разрабатывается упорядоченно, без предварительного осушения и подготовки месторождения к экскавации, что требует незначительных инвестиций. Возможно круглогодичное проведение работ и использование данной технологии для добычи сапропеля на выбывших из эксплуатации торфоучастках. Добыча канатным скрепером торфа и сапропеля с естественной влагой залегания сводит к минимуму

вероятность возникновения пожаров. Работа оборудования не лимитируется глубиной воды и степенью зарастания озера, имеется возможность проведения работ на труднодоступных участках месторождений.

Выполненный по методикам [16] анализ затрат энергии на добычу показывает перспективность применения КСУ, по сравнению с другими известными способами, для извлечения сапропелевого сырья на малых озерах шириной менее 150 м и торфяных участках. На таких объектах совокупные затраты энергии составляют около 60 МДж/т добываемого сырья, что в 2–4 раза меньше затрат на экскавацию и транспорт сапропеля по известным технологиям добычи (табл. 4). За счет относительной простоты предлагаемого способа невелики удельные косвенные энергозатраты на машины и оборудование – от 12 до 56 МДж/т и топливо – 0,5–0,7 кг/т. Затраты энергии при добыче КСУ увеличиваются пропорционально плечу экскавации за счет снижения производительности оборудования. Расчетами установлено, что себестоимость добычи сапропеля канатным скрепером на малых озерах в 1,5–2,0 раза ниже, по сравнению с применявшимися ранее технологиями и сопоставима с ковшово-элеваторной.

Таблица 4. Совокупные удельные затраты энергии различных способов добычи сапропеля

Способ добычи	Объект	Энергозатраты, МДж/т
Канатным скрепером	Малое озеро ($H < 150$ м)	61
	Малое озеро ($H = 150-400$ м)	225
Гидромеханизированный	Озеро Вечер	191
	Озеро Мотольское	176
Экскаваторно-грейферный	Озеро Мено	203
	Озеро Бол. Юровское	120
Экскаватором на торфоучастке	Торфоучасток Закружка	125
	Торфоучасток Лавы	79

Таким образом, полученные ранее в результате многолетних исследований обширные сведения по вещественному составу сапропеля дают возможность типизации современного осадкоакопления и районирования территории республики по характеру лимногенеза. Предложен новый способ и технологические схемы освоения месторождений сапропеля в малых озерах и зале-

гающих под торфом. Запатентован скреперный ковш для осуществления добычи сапропеля канатным скреперованием с низкими удельными энергозатратами. Разработаны методические подходы по энергетической и геолого-экономической оценкам целесообразности освоения месторождений сапропеля разных типов и условий залегания.

Л и т е р а т у р а

1. Гайдукевич, О. М. Ковш канатного скрепера для добычи сапропеля: патент № 2495 РБ: МКИ⁷ Е02 F3/54. Опубл. 28.02.06 / О. М. Гайдукевич, Б. В. Курзо // Официальный бюл.: изобрет., полезн. модели, пром. образцы. 2006. № 1 (48). С. 193.
2. Гуминовые вещества в биосфере / Под ред. Д. С. Орлова. М., 1993.
3. Инструкция по использованию сапропелевых лечебных грязей для оздоровления и санаторно-курортного лечения / Б. В. Курзо [и др.]. Минск, 2008.
4. Инструкция по использованию сапропеля в сельскохозяйственном производстве / Н. Н. Бамболов, Г. А. Соколов, Б. В. Курзо [и др.]. Минск, 2007.
5. Кадастр сапропелевых отложений озер Белорусской ССР/ М. З. Лопотко, Г. А. Евдокимова, О. М. Букач, А.Г. Дубовец [и др.]; под ред. И. И. Лиштвана. Минск, 1981. Т. 1–6.
6. Кадастр сапропелевых отложений озер Белорусской ССР, изученных в 1981–1985 гг. / М. З. Лопотко, Г. А. Евдокимова, Б. В. Курзо, О. М. Букач [и др.]. Минск, 1987.
7. Кадастр сапропелевых отложений озер Белорусской ССР, изученных в 1986–1990 гг. / М. З. Лопотко, Б. В. Курзо, Г. А. Евдокимова, О. М. Гордобудская [и др.]. Минск, 1991.
8. Курзо, Б. В. Ковш канатного скрепера для добычи сапропеля: патент № 8059 РБ: МКИ⁷ Е02 F3/54. Опубл. 30.04.2012 / Б. В. Курзо [и др.]. Официальный бюл.: изобрет., полезн. модели, пром. образцы. 2012. № 2 (85). С. 235.
9. Курзо, Б. В. Закономерности формирования и проблемы использования сапропеля. Минск, 2005.
10. Курзо, Б. В. Сапропели // Полезные ископаемые Беларусь: к 75-летию БелНИГРИ / Б. В. Курзо. Минск, 2002. С. 305–316.
11. Лопотко, М. З. Рекомендации по промышленной технологии добычи сапропелей из открытых водоемов для удобрений / М. З. Лопотко [и др.]. М., 1983.
12. Лопотко, М. З. Технология добычи и основные направления использования сапропелей / М. З. Лопотко // Твердые горючие ископаемые Беларусь и проблемы охраны окружающей среды. Минск, 1992. С. 86–94.
13. Перминова, И. В. Жилин, Д. М. Гуминовые вещества в контексте зеленой химии // Зеленая химия в России / И. В. Перминова, Д. М. Жилин. М., 2004. С. 146–162.
14. Пидопличко, А. П. Озерные отложения Белорусской ССР / А. П. Пидопличко. Минск, 1975.
15. Потонье, Г. Сапропелиты. Пояснение к терминологии и классификации, принятым германскими геологическими учреждениями / Г. Потонье. Петроград, 1920.
16. Севернев, М. М. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве / М. М. Севернев. Минск, 1994.
17. Сквозь годы в согласии с природой // Ин-т проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларусь / Под общ. ред. И. И. Лиштвана. Минск, 1998.
18. Соловьев, М. М. Сапропелевые изыскания в Белоруссии // Экспедиции Всесоюзной академии наук / М. М. Соловьев. М., 1932. С. 342–345.
19. СТБ 17.04.02–01–2010. Охрана окружающей среды и природопользование. Недра. Сапропель. Промышленно-генетическая классификация. Минск, 2010.

Институт природопользования НАН Беларусь

Поступила в редакцию 26.09.2012 г.

Б. В. Курзо, О. М. Гайдукевич, В. К. Жуков**ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ГЕНЕЗИСА, РЕСУРСОВ И
ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ САПРОПЕЛЯ БЕЛАРУСИ**

Рассмотрены результаты и перспективные направления исследований по проблемам сапропеля. Полученные ранее обширные сведения по вещественному составу сапропеля позволили выполнить типизацию современного озерного осадконакопления и его районирование на территории республики. Предложены новые способы и технологические схемы освоения месторождений сапропеля в малых озерах и залегающих под торфом. Разработаны методические подходы по энергетической и геолого-экономической оценкам перспектив освоения месторождений сапропеля разных типов и условий залегания. Проводятся исследования экологического состояния водоемов по качественной характеристике его осадков, детальной разведке перспективных для добычи сапропеля объектов. В области поиска новых направлений использования сапропеля выполнены экспериментальные работы по щелочному выделению гуматов из его смеси с торфом, проведена проверка их эффективности при внекорневой подкормке растений в лабораторных условиях и заложены регистрационные опыты в производственных условиях. Для практического применения сапропеля разработаны нормативные и инструктивные документы.

B. V. Kurzo, O. M. Gajdukevich, V. K. Zhukov**RESEARCHES IN THE FIELD OF GENESIS, RESOURCES AND
DEVELOPMENT OF SAPROPEL DEPOSITS IN BELARUS**

Results and perspective directions of researches on sapropel problems were considered. The afore gained extensive data on material structure of sapropel allowed to carry out typification of modern lacustrine sediments accumulation and its division into districts in republic territory. New instruments and technological schemes of sapropel deposits development in small lakes and those under peat were offered. Methodical approaches for power and geology-economic estimations of prospects of sapropel deposits development of different types and conditions of bedding were developed. Researches of ecological condition of water reservoirs on qualitative characteristic of its deposits, detailed investigation of perspective for sapropel extraction objects are carried out. In the field of search of new directions for sapropel use experimental works on alkaline extraction of humates from its mix with peat were performed, the check of their efficiency in off-root plants dressing in lab conditions and registration tests under production conditions was initiated. Standard and instructive documents were developed for sapropel practical application.

Г. А. Соколов, О. Г. Красноберская, И. В. Симакина, Н. С. Гаврильчик

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ТОРФА, САПРОПЕЛЯ И ПРОДУКТОВ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ

Приведены результаты исследований, которые вносят существенный вклад в развитие теории активизации органического вещества каустобиолитов, познание механизмов и закономерностей преобразования группового состава торфа, сапропеля, бурого угля и вторичного органического сырья при их физико-химической, биологической и физико-механической модификации.

Использование торфа и сапропеля в сельскохозяйственном производстве во многом обусловлено большим разнообразием их природы, чрезвычайно богатым составом органического вещества, благоприятными водно-физическими, физико-химическими и биологическими свойствами.

Многолетними исследованиями сотрудников Института торфа, Института проблем использования природных ресурсов и экологии (ныне Института природопользования НАН Беларусь), направленными на изучение фундаментальных свойств торфа и других каустобиолитов, создана теоретическая основа для разработки научноемких технологий преобразования торфяного и сапропелевого сырья, повышения его агрономической и биологической ценности, производства различных видов органических и органо-минеральных удобрений, мелиорантов почв, питательных грунтов и субстратов, ростостимулирующих и других ценных материалов, столь необходимых в сельском хозяйстве. Принципиально важным моментом при выборе и обосновании какого-либо конкретного направления использования торфа и сапропеля должно являться понимание их ценности и знание уникальных свойств.

Сотрудниками института проведены исследования геоботанических и химических свойств торфа Беларусь, создана и охарактеризована широкая коллекция видов торфа из различных районов республики, включавшая около 500 образцов. Результаты исследований систематизированы и изложены в научных публикациях.

А. В. Тишковичем с сотрудниками [12, 21] установлены зависимости агрохимических показателей торфа от условий залегания торфяных месторождений, показывающие, что гидролитическая кислотность возрастает от низинного торфа к верховому, а сумма обменных оснований и степень насыщенности ими торфа снижаются. Аналогичным образом эти показатели изменяются у торфяных месторождений низинного типа при переходе от пойменных к притеррасным и водораздельным. Эффективность естественного торфа было предложено оценивать таким показателем, как коэффициент агрономического эффекта. Уста-

новлено, что эффективность естественного торфа при pH 5,0 и выше определяется в основном содержанием элементов минерального питания и наличием в водном растворе гуминовых кислот. Низинные виды торфа имеют более высокий коэффициент агрономического эффекта, чем переходные и верховые. Среди низинных видов торфа максимальной агрономической эффективностью обладают тростниковый и древесный виды, минимальная эффективность характерна для травянисто-моховых и моховых видов торфа. Также была предложена и обоснована классификация поглотительных свойств, которая включала полную (потенциально-возможную) – физико-химическую, или обменную, физическую, механическую и биологическую, а также эффективную (или актуальную). Для каждого вида поглотительной способности торфа предложены методы и формулы их определения.

Выявлено, что гуминовые вещества обладают максимальной емкостью поглощения по отношению к аммиаку, превышающей этот показатель исходного торфа в 2,0–2,5 раза. На их долю приходится свыше 70 % от общей емкости поглощения торфа. Легкогидролизуемые вещества поглощают аммиак в 5–6 раз меньше. Трудногидролизуемые и негидролизуемые вещества обладают поглотительной способностью, примерно равной исходному торфу, а битумы – минимальной поглотительной способностью.

Показано [11, 13], что аммонизация низинного торфа повышает подвижность гуминовых кислот (ГК), аминокислот и других физиологически активных веществ, количество которых находится в прямой зависимости от его поглотительной способности и состава органического вещества. Большое значение оказывают физические факторы среды взаимодействия компонентов – газовая или водная среда. С повышением щелочности среды интенсивность аммонизации возрастает. Образование гуматов при аммонизации торфа идет в основном за счет гиматомелановых кислот. С гуматами аммония в водный раствор переводится до 5–7 мг/г аминокислот. Аммонизация торфа в результате гидролитической реакции в

щелочной среде повышает подвижность азота органических соединений до усвояемой растениями формы, т.е. мобилизует азот самого торфа.

Низинные виды торфа переводят в легко-гидролизуемую форму до 13 % азота органических соединений, однако по всем видам торфа мобилизация азота составляет около 5 %. В торфе верхового типа, особенно моховых групп, фактор мобилизации азота органических соединений перекрывается образованием малоподвижных форм закрепляемого азота. Количество этих форм достигает в среднем 13 % от общего его содержания.

Из основных компонентов торфа гуматы аммония проявляют наибольшую физиологическую активность, которая на 25–30 % выше активности ГК исходного торфа. Активность легкогидролизуемых, трудногидролизуемых и негидролизуемых веществ, наоборот, ниже. Аммонизация торфа приводит к его физиологической активизации и в целом к повышению агрономической ценности, определяется образованием гуматов аммония, свободных аминокислот и других активных веществ. У видов торфа различной природы физиологическая активность неодинакова. Наибольшей активностью отличаются тростниковые и древесно-тростниковые виды.

Фракции гуматов, полученные разделением на молекулярных ситах, отличаются по физиологической активности, где максимальную физиологическую активность проявляет первая фракция, у которой данный показатель превышает активность нефракционированных ГК на 35–40 %.

Важным является то, что аммонизация торфа на 20–30 % повышает влагоемкость торфа и снижает его фильтрационную способность. Изменения этих показателей находятся в прямой связи со степенью аммонизации торфа. Аммонизированный торф улучшает агрохимические и водно-физические свойства дерново-подзолистых почв: возрастает влагоемкость, пополняются запасы активных форм гумуса, увеличивается содержание минеральных форм азота, оснований и степень насыщенности ими поглощающего комплекса, что благоприятствует активизации биологических процессов. Нейтрализуется отрицательное воздействие аммиака на структуру почвы.

Выполненные исследования позволили разработать и внедрить в сельскохозяйственное производство два способа приготовления торфогуминовых удобрений – в стационарных условиях и в сочетании с внесением и заделкой удобрений под вспашку и культивацию. В 70-х и первой половине 80-х гг. ХХ в. эти удобрения приготавливались в республике в объеме до 4 млн т ежегодно. Дальнейшие исследования позволили разработать научные основы технологического процесса производства комплексных минерально-гуминовых гранулированных удобрений на основе торфа (КГУ) [3, 12]. Принципиальной основой их приготовления

является физико-химическая активизация гуминового комплекса с последующими термомеханохимическими процессами его взаимодействия с аммиаком и соединениями минеральных удобрений при смешивании, грануляции и термообработке во время сушки гранул.

КГУ обладали свойством пролонгированного действия, физиологической активностью, в 2,0–2,5 раза более высокой водоустойчивостью от вымывания элементов питания по сравнению с исходными минеральными удобрениями и высокой механической прочностью – свыше 100 кг/см² на сжатие. Удобрения обеспечивали прибавку урожайности пропашных культур на 20–30 % и на 10–20 % в последствии. На основании разработанной технологии в Республике Беларусь было создано производство КГУ производительностью 2000 т в год.

В ходе дальнейшего развития работ в этом направлении выявлены закономерные различия усвояемости растениями фосфора из гранул органоминеральных удобрений в зависимости от вида органической основы, вида фосфорных удобрений и степени его измельчения [5]. Наиболее высокое содержание фосфора в исследуемых растениях было отмечено на вариантах с введением простого, а затем двойного суперфосфата и аммофоса. Включение в состав КГУ $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, CaHPO_4 и $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ обуславливает снижение поглощения фосфора растениями от первой к последней формам. Введение в состав КГУ порошковидной формы двойного и простого суперфосфатов, в сравнении с его гранулированной формой, приводит к повышению усвояемости фосфора растениями на 9–34 % и на 26–46 %, соответственно. В составе сапропелевых КГУ поглощение фосфора из них с порошковидными формами суперфосфатов было меньше, чем с гранулированными. Влияние полей СВЧ-излучения на структурные характеристики торфа и композитов на его основе спектральными методами показало, что азот карбамида химически связывается с органическим веществом торфа, и сушка не приводит к их полному разрушению в процессе приготовления КГУ. Вымываемость азота и калия из КГУ снизилась в 1,4–4,5 раза относительно аналогичной смеси минеральных туков, а фосфора суперфосфата – в 2,3 и более раз.

Данные результаты явились фундаментом для обоснования новых эффективных составов, рецептур и совершенствования энергосберегающего технологического процесса при организации производства комплексных гранулированных удобрений в ОАО «Лельчицкий агросервис» Гомельской области в развитие проекта Т-9 раздела научного обеспечения Государственной программы «Торф».

В связи с обострением проблемы загрязнения окружающей среды отходами сельскохозяйственного производства и, в частности, животновод-

ства при промышленном содержании животных на крупных фермах и комплексах, связанных с накоплением огромных объемов жидкого и полуожидкого навоза, составляющих более 50 % от общего объема органических удобрений, используемых в сельском хозяйстве республики, возникла острая необходимость утилизации данных отходов, что неизбежно требует использования определенного количества каустобиолитов – торфа и сапропеля. По концентрации веществ-загрязнителей навозные стоки в десятки раз превосходят коммунально-канализационные отходы.

Задача состояла в разработке научных и технологических решений создания новой серии органических и органо-минеральных удобрений, обеспечивающих сокращение до минимума использования каустобиолитов и прежде всего торфа, запасы которого весьма ограничены, при одновременном повышении агрономической ценности создаваемых удобрений с заданными свойствами.

Недооценка утилизации органических отходов, недостаточное использование разнообразных источников органического вещества в сельском хозяйстве приводит к потерям огромного количества аккумулированной в них энергии и запасов элементов питания растений, снижению потенциала плодородия почв. Традиционные способы приготовления торфо-навозных компостов не в состоянии решить существующие проблемы. К тому же, наряду с неудовлетворительным качеством приготавливаемых компостов, имеют место большие потери ценного органического вещества, достигающие 30 % и более.

Результаты выполненных исследований позволили разработать научные положения по трансформации органического вещества и модификации азотсодержащего потенциала каустобиолитов, смешиваемых и компостируемых с отходами животноводства, минеральными солями, регулирующими, ингибирующими и стабилизирующими добавками [3, 12].

Установлено, что биохимическое воздействие на каустобиолиты (компостирование с навозом) в определенной мере трансформирует их органические составляющие с образованием водорастворимых соединений и гумусоподобных веществ преимущественно за счет гидролитического расщепления компонентов углеводного комплекса. Физико-химическое воздействие (аммонизация или другая щелочная обработка), как было показано выше, приводит к образованию водорастворимых веществ в основном за счет ГК каустобиолитов. Совмещение данных процессов (компостирование с навозом аммонизируемых каустобиолитов) еще в большей мере обогащает компостируемую смесь гумусоподобными соединениями, превращает и активизирует азотсодержащие вещества, что является основой создания удобрений с высокой биологической активностью.

Позднее Г. А. Соколовым с сотрудниками [7] были получены новые данные, существенно дополняющие теорию активизации органического вещества разного генезиса. Определено, что в процессе компостирования, сопряженного с биохимической и физико-химической модификацией каустобиолитов, происходит увеличение доли азота в составе легкогидролизуемой фракции органического вещества у всех изучаемых видов, но особенно в удобрениях на основе бурого угля, где содержание легкогидролизуемого азота возрастало с 12 % в исходном угле до 58 % в готовом удобрении, и торфа (с 34 до 51 %, соответственно), что свидетельствует о четко выраженным процессе активизации азотсодержащих соединений в структуре органического вещества приготавливаемых удобрений.

Полученные результаты имеют фундаментальное значение и дополняют теорию активизации органического вещества, обосновывают принципиальные различия механизма и закономерностей преобразования группового состава торфа, сапропеля, бурого угля и вторичного органического сырья при их физико-химической, биологической и физико-механической модификации. Прикладное значение полученных знаний заключается в их необходимости для управления процессами обогащения приготавливаемых удобрений гуминовыми веществами и биологически активными соединениями, создания продукции повышенной эффективности с заданными арохимическими и биологическими свойствами. Результаты могут быть использованы для дальнейшего совершенствования ресурсосберегающих и экосовместимых технологий приготовления новой генерации удобрительных и мелиорирующих материалов для сельского хозяйства и охраны природы.

Установлено, что добавление в органо-минеральную смесь с соломой регулирующих и ингибирующих препаратов, отходов калийного производства – глиносолевых шламов, гербицидов снижает и стабилизирует активность микроорганизмов, в первую очередь нитрифицирующих. Минерализация органического вещества за 2 мес. компостирования минимальна (2–3 %), общее содержание азота почти не снижается, нитраты не накапливаются, только к концу компостирования их содержание несколько возрастает. Кроме того, глино-солевые шламы, содержащие макро- и микроэлементы, пополняют запасы питательных веществ для растений и в тоже время ингибируют всхожесть семян сорняков. Ингибиторы стабилизируют также положительные свойства, приобретенные удобрениями при их хранении и использовании.

Разработана методика моделирования и фиксирования биохимических процессов, протекающих при компостировании органо-минеральных смесей в производственных условиях.

Научно обоснованы составы, установлено содержание компонентов и определены желательные свойства сбалансированных органо-минеральных удобрений (СОМУ), рационально использующих отходы животноводческих комплексов, каустобиолиты, сельскохозяйственное сырье, минеральные и другие материалы. СОМУ характеризуются повышенной до 30 % и более, в сравнении с традиционными торфо-навозными компостами, эффективностью и предназначены для всех сельскохозяйственных культур, плодовых, ягодных и декоративных растений, незаменимы при возделывании овощных огородных культур на новых и освоенных приусадебных и дачных участках. Удобрения характеризуются гомогенностью состава, хорошо транспортируются и вносятся на поля обычной, серийно выпускаемой сельскохозяйственной техникой. Соотношение питательных веществ в удобрении определяется заданной программой и может варьироваться в больших пределах.

Проведены широкие испытания эффективности СОМУ, которые показали их преимущество перед эквивалентными по содержанию питательных веществ минеральными туками и приготовляемыми в настоящее время торфо-навозными компостами. Новые удобрения повышают плодородие дерново-подзолистых почв и качество возделываемых сельскохозяйственных культур, способствуют увеличению содержания гумуса, обменных оснований и питательных веществ. До минимума снижается содержание нитратов, возрастает содержание сухого вещества, крахмала в картофеле и сырого протеина в зерне зерновых культур.

В Ошмянском и Докшицком районах разработана и реализована промышленная ресурсосберегающая технология круглогодичного производства новых удобрений в цехах на животноводческих комплексах. Применение результатов данной разработки решает одну из наиболее острых экологических проблем, так как возможности таких цехов позволяют практически полностью утилизировать навозные стоки. В зависимости от поголовья скота, наличия запасов каустобиолитов и других социально-экономических факторов производительность одного цеха составляла от 25 до 50 тыс. т удобрений в год.

Установлено [6], что в результате биологической переработки (вермикультуры) вторичного сырья (навоза КРС, конского навоза, птичьего помеата, осадка сточных вод, пивной дробины) основные преобразования органического вещества происходят с водорастворимыми, легкогидролизуемыми и гуминовыми веществами с образованием соединений, обладающих физиологической активностью, доступностью для питания растений и микробиоты и способностью к синтезу гуминовых веществ вторичного происхождения. Снижение содержания водорастворимой фрак-

ции в конечном продукте составляет 1,6–11,3 %, а содержание гуминовых веществ возрастает по сравнению с исходным состоянием в среднем более, чем на 40 %, т. е. на 5–13 % абсолютных, содержание ГК увеличивается на 1–8 %, что происходит в значительной мере за счет водорастворимых соединений, легко- и трудногидролизуемых веществ.

В Беларуси особенности рельефа, геоморфологии, климата, характера почвообразующих пород, а также интенсивная антропогенная нагрузка на обрабатываемых землях, обусловили значительное развитие процессов дефляции, наносящих большой ущерб сельскохозяйственному производству, снижая ценность пахотных земель, и природе (загрязнение водоемов, запыление воздушного бассейна и пр.). По данным II Тура почвенно-геоботанических обследований эродированные и эрозионноопасные земли занимают в республике 2322,8 тыс. га, в том числе уже подверженные эрозии – 9,4 %, эрозионно-опасные – около 40 %. Ежегодные потери гумуса от эрозионных процессов оцениваются в 180 кг/га, азота – 8–10 кг/га, фосфора и калия – 5–6 кг/га.

Масштабы проявления ветровой эрозии (за последний 40-летний период в РБ зарегистрировано свыше 330 случаев проявления пыльных бурь) требуют разработки эффективных средств и новых подходов для ее предотвращения и минимизации, улучшения экологической обстановки в агроландшафтах. Наряду с имеющимися, одним из перспективных направлений по борьбе с дефляцией вляются методы, основанные на изменении водопрочной структуры почвы путем внесения в нее различных видов органических материалов, в том числе каустобиолитов и продуктов на их основе.

В результате проведения серии работ по изучению дефляционной устойчивости песчаных почв, удобренных органическими материалами разного генезиса, проделанной сотрудниками лаборатории агроэкологии [15], в модельных экспериментах были впервые выявлены закономерности изменения устойчивости рыхлой песчаной почвы к дефляции под воздействием широкого набора органических материалов – торфа низинного и верхового типов, сапропеля органического и смешанного, бурого угля, биогумуса, мелиоранта, ГК, полужидкого навоза и др. Полученные в экспериментах результаты позволили выделить наиболее перспективные средства, использование которых способствует агрегированию мелких частиц почвы и обеспечивает существенное снижение ее потерь от эрозии, достигающее 25 % в сравнении с контрольным вариантом. К ним относятся полужидкий навоз, специальный мелиорант, созданный в лаборатории, и низинный торф. Данная работа имеет большое значение в деле дальнейшего обоснования эффектив-

ных средств и методов для минимизации дефляции почв легкого гранулометрического состава на эрозионноопасных территориях многих стран мира и продолжается с привлечением специалистов Института почвоведения и агрохимии.

Существующий в республике недостаток органических удобрений, относительно невысокая эффективность и высокие затраты на их транспортировку и внесение привели к заметному снижению содержания гумуса в почвах пашни 38 районов на площади свыше 1,6 млн га.

Снижение уровня производства и добычи такого традиционного компонента органических удобрений, как торф, требует системного поиска его заменителей, разработки ресурсосберегающих технологий по его переработке, созданию на его основе высокоэффективных и конкурентоспособных материалов.

Названные проблемы в значительной мере можно решить за счет вовлечения в активный хозяйствственный оборот отходов промышленного животноводства, растениеводства, пищевой промышленности и ряда перерабатывающих производств, которые при существующих технологиях остаются маловостребованными в силу низкой эффективности использования и представляют серьезную опасность для окружающей среды. Их объемы в Беларуси превышают 60 млн т и могут быть использованы для переработки и производства удобрений хорошего качества и удовлетворительной эффективности действия.

Наши работы совместно с «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» показали [6], что в результате биологической переработки органических отходов разного происхождения (птичьего помета, отходов растениеводства, овощеводства, плодоводства, пищевой, гидролизной и целлюлозно-бумажной промышленности и их смесей) методом вермикультурирования (красный калифорнийский червь) в готовом биогумусе, произведенном из изучаемых видов переработанных отходов, снизилось содержание водорастворимой фракции, что связано с иммобилизацией наиболее доступной фракции органического вещества биотой и ее постепенной трансформацией в гуминоподобные соединения. Содержание гуминовых веществ в вермигумусе возросло по сравнению с исходным состоянием в среднем более чем на 40 %, т. е. на 5–12 % в зависимости от вида субстрата. При этом содержание ГК в вермигумусе увеличилось на 1–8,5 %. Данное возрастание происходило, как следует из полученных данных, в значительной мере за счет водорастворимых соединений, легкогидролизуемых и трудногидролизуемых веществ. Содержание последних снизилось на 3–6 % и 0,7–3,5 % соответственно.

При переработке 1 т органических отходов в среднем получается 600 кг биогумуса, который может быть использован как в чистом виде, так и

для производства на его основе удобрений и грунтов с добавкой торфа. При этом, как показали наши исследования, расход торфа может быть снижен в 1,5–2 раза в расчете на 1 т приготовляемых удобрений. Последующая незначительная физико-химическая модификация способствует оптимизации соотношений элементов питания, активизации органического вещества торфо-вермигумусной смеси и существенному повышению эффективности действия такой продукции в сравнении с традиционным навозом и компостом. Балансирование элементов питания достигается путем внесения в смесь минеральных удобрений, а при необходимости – микроудобрений. Более богатый и сбалансированный при помощи различных добавок химический состав удобрений позволяет существенно уменьшить дозы их внесения (и, соответственно, снизить затраты на производство и применение), повысить эффективность и конкурентоспособность. Их применение улучшает гумусное состояние, оптимизирует структуру, водно-физические, агрохимические, биологические свойства почв. Дозы применения удобрений составляют от 30 до 60 т/га в зависимости от степени деградации почвы и характера ее использования после реабилитации. Для поддержания уровня плодородия возможно внесение более низких доз с интервалом в два-три года.

Постоянно возрастающие масштабы опустынивания, деградации, эрозии и техногенного загрязнения почв требуют создания новых эффективных средств удобрительного и мелиорирующего действия и совершенных ресурсосберегающих технологий их производства на основе переработки как природных органических и органо-минеральных материалов, так и вторичного сырья.

Органические и органо-минеральные материалы на основе торфа, сапропеля и вторичного сырья подразделяются в зависимости от их целевого назначения и состава на мелиоранты почв и удобрительные смеси.

Мелиоранты предназначены для быстрого и радикального улучшения агрофизических, агрохимических, микробиологических, биохимических, физико-химических свойств почв, а также минералогического и гранулометрического составов, водно-воздушного и пищевого режимов с целью восстановления и повышения плодородия на длительный период. Главными особенностями мелиорантов являются направленность, либо комплексность, и длительность положительного воздействия на свойства, режимы и плодородие почв. Для быстрого и радикального улучшения почв мелиоранты вносят в больших дозах – по 100–500 т на 1 га и более – как разовое или периодическое мероприятие.

В отличие от мелиорантов, удобрительные смеси предназначены для оптимизации пи-

щевого режима возделываемых растений в течение одного или двух вегетационных периодов, после чего их заметное положительное воздействие на растения и почву затухает. Удобрительные смеси оптимизируют в основном агрохимические, в меньшей степени, – микробиологические и биохимические свойства и практически не изменяют минералогический и гранулометрический составы, водно-воздушный режим и другие свойства почвы.

Компонентный состав мелиорантов и удобрительных смесей может существенно различаться в зависимости от их назначения. Например, мелиоранты для улучшения гумусного состояния почв должны иметь в своем составе большое количество ГК и промежуточных продуктов гумификации, а мелиоранты для улучшения минералогического состава почв – набор нужных глинистых минералов.

Удобрительно-мелиорирующие материалы готовятся из сырья разного происхождения, в зависимости от которого определяются методы и технологические приемы его переработки. Однако общим практически для всех органических материалов является необходимость активизации их органической составляющей, т. е. перевод ее, включая азотсодержащие соединения, из инертной в более доступную для растений и почвенной биоты форму, обогащение состава гумусовыми, гуминоподобными и другими веществами.

Учитывая ограниченность ресурсов торфа и сокращение объемов его добычи для нужд сельского хозяйства в Беларуси, основой для его бережного и рационального использования на перспективу должно явиться планомерное внедрение научноемких и экологически выверенных технологий, позволяющих получать продукцию, которая отличается особой ценностью, высоким эффектом применения, рядом заданных свойств, характеризующих универсальность, либо, напротив, специфичность назначения удобрений, мелиорантов, гуминовых препаратов на основе торфа и др.

Уникальность торфа как природного продукта, его богатый химический состав, исключительная ценность и необходимость сохранения торфяных ресурсов требуют на базе накопленных всесторонних знаний о его свойствах осуществлять поиск заменителей торфа в ряду других органогенных материалов, включающих также отходы различных производств и сельского хозяйства.

К настоящему времени в Республике Беларусь разработан широкий ряд продукции, приготовляемой как на основе сапропеля, так и с его добавками, характеризующейся как комплексностью, так и специфической направленностью действия. Эта продукция производится предприятиями РО «Белагросервис» Минсельхозпрада РБ, ГПО «Белтопгаз» и другой ведомственной подчиненности.

Ассортимент созданной на основе сапропеля продукции сельскохозяйственного назначения в большой степени предопределен генетическими особенностями, различием в содержании и структуре органического вещества, физико-химических, агрохимических и биологических свойств основных типов сапропеля, запасы которых достаточно высоки в республике.

В отличие от торфа использование сапропеля как удобрения возможно без предварительного компостирования, однако, как показали многолетние исследования [18, 20], смешивание сапропеля с навозом или птичьим пометом с последующим компостированием существенно повышает эффективность таких удобрений.

Благодаря высокому содержанию веществ биогенного происхождения, наличию коллоидных частиц, высокой емкости обмена, содержанию макро- и микроэлементов для питания растений сапропелевые удобрения обладают свойством активизировать и стабилизировать почвенные биохимические процессы, улучшать физические, физико-химические и агрохимические свойства почв.

Сапропелевые удобрения в большей мере, чем торф, стимулируют развитие микробиологических процессов, что обеспечивает самоочищение почвы, ускоряет процесс разложения пестицидов. Сапропелевые удобрения, благодаря содержанию микроэлементов, высокой биологической активности, активизации азотфикссирующих микроорганизмов и других свойств способны повышать качество сельскохозяйственной продукции и снижать в ней содержание нитратов, а карбонатный сапропель, наряду с нейтрализацией избыточной кислотности почв, положительно влияет на связывание радионуклидов.

При изучении влияния сапропелевых удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур установлено, что сапропель является эффективным удобрением для пропашных культур, яровых зерновых, многолетних трав. На пропашные культуры его действие выше, чем на зерновые.

Внесение сапропелевых удобрений в высоких (120 т/га и более) дозах резко улучшает водообеспеченность и структуру почв, увеличивает мощность гумусового горизонта, уменьшает объемную массу. Улучшаются агрохимические свойства почв: понижается кислотность, возрастают сумма обменных оснований, степень насыщенности основаниями, содержание гумуса, азота, подвижных форм фосфора и калия. Возрастает биологическая активность почвы, интенсифицируется деятельность аммонификаторов и бактерий, ассимилирующих подвижные формы азота, снижается транслокация тяжелых металлов. Одновременно создается значительный резерв относительно стойкого к минерализации органического материала, оптимизируется фосфатный режим почв.

Для радикальной мелиорации бросовых земель можно вносить массивированные дозы сапропелевых удобрений. При этом отмечено существенное повышение содержания коллоидной фракции в рыхлопесчаной почве. Увеличение плотности почвы требует повышения доз сапропелевых удобрений.

Внесение сапропелевых удобрений в дозах 40–200 т/га способствует увеличению содержания гумуса в пахотном горизонте дерново-подзолистой супесчаной почвы за ротацию пятипольного севооборота на 6–67 % относительно исходной почвы. Запасы гумуса возрастают на 9,4–52,2 т/га, повышается содержание азота в пахотном горизонте на 25–133 %. При дозе внесения 120 т/га органические сапропелевые удобрения обеспечили получение 29 % прибавок урожая, кремнеземистые – 40 % и смешанные – 54 %.

Сочетание сапропелевых удобрений в дозе 40 т/га с минеральными $N_{100}P_{60}K_{110}$ позволило получить продуктивность пятипольного севооборота на уровне 65 ц/га кормовых единиц при максимальной рентабельности, что превосходило по продуктивности севооборота в 1,3–1,6 раза варианты с 60 т/га навоза и 80 т/га лучших сапропелевых удобрений без NPK-удобрений.

Сапропель – хороший адсорбент аммиачного азота, который поглощает и удерживает до 30 % от своей массы аммиачной воды или 50–100 % жидкого навоза. Данная особенность позволяет производить высококачественные навозно-сапропелевые и пометно-сапропелевые компости.

Наиболее распространены навозно-сапропелевые компости, получаемые добавкой к сапропелю полужидкого навоза (в зависимости от влажности исходных материалов на 1 т сапропеля приходится 40–60 % навоза) с последующим компостированием, что дает возможность значительно повысить качество и эффективность сапропелевых удобрений благодаря микробиологическому разложению органических компонентов и переходу их в усвояемые растениями формы, связыванию легколетучих азотных соединений навоза.

Технология приготовления навозно-сапропелевых компостов практически ничем не отличается от приготовления торфонавозных компостов, за исключением более узкого соотношения сапропеля и навоза ввиду меньшей влагоемкости первого в сравнении с торфом. Для оптимального протекания процесса компостирования, как показали наши исследования, исходный сапропель должен иметь влажность не более 60 %, соотношение C/N – 15:1–20:1, пористость не менее 50–70 %, pH (KCl) – 6–8. Правильно сформированный штабель разогревается под влиянием микробиологических процессов до температуры 55–65 °C. При этой температуре в течение периода компостирования большая часть семян

сорной растительности, а также возбудители болезней утрачивают жизнеспособность,. Продолжительность процесса компостирования в летнее время составляет 2–3 мес., в зимнее – до 6 мес.

При добавке к навозно-сапропелевым компостам минеральных удобрений получаются более эффективные сбалансированные ценные для овощеводства комплексные удобрения. Так, была разработана оригинальная технология механизированного производства высокоеффективных сбалансированных органических удобрений на основе сапропеля, полужидкого навоза КРС или птичьего помета и балансирующих минеральных добавок, применение которых в дозах 45–60 т/га обеспечивает прибавку урожайности сельскохозяйственных культур до 35 % в сравнении с традиционными компостами.

В состав комплексных гранулированных удобрений на основе сапропеля входит от 30 до 50 % сапропеля и до 70 % минеральных туков. Учитывая различную биологическую потребность культур в питании, удобрения выпускают в различных вариантах при разных соотношениях питательных элементов – азота, фосфора и калия.

Ионообменные и связывающие свойства органических соединений повышают физико-химическую устойчивость элементов минерального питания к вымыванию из гранул: азота – на 25–30, калия – на 65–70 %. В связи с этим более чем на 20–30 % удлиняется срок действия удобрений, увеличивается коэффициент их использования растениями, снижаются непроизводительные потери.

В полевых и производственных опытах установлена высокая эффективность КГУ. По сравнению с эквивалентным количеством негранулированных входящих в их состав органических и минеральных компонентов, они обеспечивают получение дополнительно в среднем 20 ц/га картофеля и 2,6–3,0 ц/га зерна.

Технологическая линия позволяет легко, в зависимости от потребностей потребителя, производить удобрения с различным соотношением элементов питания, а также с включением микроэлементов. В среднем 1 т удобрения содержит 300–320 кг азота, фосфора, калия и 300 кг органического вещества торфа или сапропеля. Размер гранул 3–6 мм.

Преимущества удобрений: сбалансированный состав; экологическая совместимость; наличие гуминовых веществ и природных стимуляторов роста и развития растений; обеспечивают заправку почвы как минеральными питательными веществами, так и ценными органическими соединениями; обеспечивают повышенное качество растениеводческой продукции; исключают загрязнение почв и грунтовых вод химическими веществами; не способствуют накоплению нитратного азота в растениеводческой продукции.

Дозы внесения таких органо-минеральных удобрений определяют с учетом биологических особенностей возделываемых культур, уровня плодородия почвы, а также содержания и соотношения питательных веществ в самих удобрениях. В среднем они варьируются в пределах 0,5–2,0 т/га.

КГУ особенно эффективны при возделывании широкого ряда сельскохозяйственных культур, включая овощные, на почвах легкого гранулометрического состава и в условиях поливного земледелия, а также на землях, расположенных вблизи природоохраных объектов. Экономичны при локальном внесении, когда снижается в несколько раз вымываемость из корнеобитаемого слоя элементов питания растений. В гранулы можно вводить особо необходимые для отдельных культур и почв микроэлементы.

С начала 90-х гг. XX в. в результате активизации работ в направлении экспериментального обоснования и разработки методов и эффективных средств для восстановления плодородия загрязненных (тяжелыми металлами, нефтепродуктами, пестицидами, стойкими органическими загрязнителями и др.), деградированных, эродируемых, нарушенных при строительстве и другой хозяйственной деятельности земель и исходно низкоплодородных почв была разработана новая генерация мелиорантов почв, производимых на основе торфа, сапропеля и других каустобиолитов, испытанных в различных почвенно-климатических условиях, включая аридную и се-миаридную зоны, на почвах различного гранулометрического состава (Н. Н. Бамбалов, Г. А. Соколов и др.) [2, 8, 14, 16–19, 22].

Мелиоранты почв комплексного действия предназначены для быстрого и радикального восстановления агрохимических, физико-химических, агрофизических, водных и биологических свойств нарушенных, деградированных и исходно низкоплодородных песчаных почв.

Мелиоранты производят на основе одного или нескольких видов природного сырья растительного и животного происхождения, в том числе торфа, сапропеля, навоза, птичьего помета и соломы с введением добавок минеральных удобрений или без добавок.

Доля природного сырья растительного и животного происхождения в мелиорантах составляет 95–98 %. Удобрения-мелиоранты почв получают смешиванием в определенном соотношении: торфа и сапропеля, либо торфа, сапропеля и навоза (твердого, полужидкого или твердой фазы жидкого), или торфа, сапропеля и птичьего помета. Для приготовления мелиорантов используют сапропель кремнеземистого, смешанного или органического типов. Мелиоранты почв целевого назначения представляют собой композиционные материалы, произведенные на основе торфа и/или сапропеля, минеральных

(доломит, трепел) продуктов, а также различных модифицирующих добавок, и предназначены для снижения и ликвидации негативных последствий загрязнения почв тяжелыми металлами и нефтепродуктами (Г. А. Соколов, Н. Н. Бамбалов и А. Э. Томсон) [16].

В зависимости от целевого назначения такие мелиоранты разделяются:

- на предназначенные для снижения и ликвидации загрязнения почв нефтью и продуктами нефтесинеза – «МелиН»;

- предназначенные для снижения и ликвидации загрязнения почв стойкими органическими загрязнителями, включая пестициды – «МелиСОЗ»;

- предназначенные для снижения негативных последствий загрязнения почв тяжелыми металлами – «МелиТМ».

Дозы и способы использования мелиорантов целевого назначения определяются с учетом характера и интенсивности загрязнения и регламентируются «Рекомендациями по использованию композиционных материалов для снижения и ликвидации загрязнения почв тяжелыми металлами и нефтепродуктами», утвержденными Минприроды РБ.

В составе мелиорированных земель Беларуси торфяно-болотные почвы занимают более 1 млн га и являются мощным источником получения высококачественных кормов и другой растениеводческой продукции. В основе современных представлений о путях рационального использования мелиорируемых торфяных почв лежит положение о целесообразности преимущественного возделывания на них многолетних трав, позволяющих достичь минимальной, в сравнении с другими культурами, сработки органического вещества торфа и обеспечить наивысшую продуктивность с единицы площади. Общая стратегия в данном вопросе должна заключаться в оптимизации структуры посевых площадей, построении систем удобрений и агротехники возделывания сельскохозяйственных культур таким образом, чтобы исключить использование органического вещества торфяных почв в качестве основного источника получения питательных веществ для растений за счет его ускоренной минерализации. Наряду с этим необходимо регулирование трофических цепей в агроценозах так, чтобы высвобождающиеся в результате зональных почвенных процессов элементы питания наиболее полно потреблялись растениями, а не вымывались с дренажным стоком, приводя к эвтрофикации водоприемников.

Вопрос влияния геоботанической природы торфа на скорость минерализации органического вещества впервые был рассмотрен Н. Н. Бамбаловым [1]. Исследования, выполненные по оценке влияния интенсивности осушения, роли различных сельскохозяйственных культур и механической обработки почвы, средств химизации на трансформа-

цию и баланс органического вещества торфяных почв, позволили сформулировать предложения, явившиеся основой для построения перспективной структуры посевных площадей на мелиорированных торфяно-болотных почвах различного генезиса и мощности органогенного слоя, разработать и внедрить комплекс мероприятий по регулированию баланса органического вещества торфяных почв.

Сельскохозяйственное использование мелиорируемых торфяных почв, имеющих один из наиболее высоких рейтингов плодородия среди почвенных разновидностей, представленных в республике, предполагает дальнейшее совершенствование структуры посевных площадей с учетом генетических, ландшафтных и эксплуатационных особенностей торфяных массивов, увеличение доли многолетних трав и в первую очередь бобово-злаковых и бобовых травостоев (что предполагает оптимизацию агрохимических и физико-химических свойств почв), внедрение биосферно совместимых технологий возделывания сельскохозяйственных культур, экологического нормирования средств химизации и механической обработки почв.

Все эти мероприятия, направленные на сохранение органогенного слоя мелиорированных торфяных почв от разрушения, предотвращение загрязнения почв, вод и растениеводческой продукции техногенными веществами и их метаболитами, возможно осуществить в результате систематизации и обобщения имеющегося научного и практического опыта, а также глубоко и всесторонне обоснованного решения отдельных ранее не столь остро стоявших проблем, в том числе и социально-экологических.

Комплексные исследования, проведенные одним из авторов статьи совместно с А. С. Мериковским на протяжении 1978–1990 гг. [9], позволили определить и математически выразить основные закономерности действия азотных, фосфорных и калийных удобрений на продуктивность злаковых и бобово-злаковых травостоев на торфяных почвах различной мощности в зависимости от содержания доступных форм элементов питания в почвах. Определено влияние удобрений на показатели качества и кормовой ценности сена трав, изменение содержания элементов питания в почве.

Выявлено, что на мелиорированных торфяно-болотных почвах Беларуси при оптимизации минерального питания достигается устойчивая продуктивность многолетних злаковых трав до 90–95, бобово-злаковых до 75–80 ц/га кормовых единиц.

На основании результатов многофакторных опытов были разработаны «Указания определения проектного уровня урожайности на мелиорируемых землях Беларуси», «Технология интенсивного возделывания многолетних трав на торфяно-болотных почвах», имеющая ресурсосберегающую

направленность за счет рационального использования макро- и микроудобрений в условиях регулируемого водного режима, увеличения продуктивного долголетия бобовых трав в составе травостоя, использования почвенной диагностики азотного питания растений.

Исследования биологической активности почв агроценозов при использовании возрастающих норм минеральных удобрений в условиях полевых и лизиметрических опытов, выполненные в лаборатории агрэкологии, показали [17], что мелиоративное и агротехническое воздействие на почву приводят к изменению физических свойств, структурно-агрегатного состава почв, водно-воздушного режима, увеличению либо снижению плотности, изменению водопроницаемости, изменению биогенности и состава биоты почв, некоторых химических свойств почв и др. Используя посыл, что на ранних стадиях онтогенеза агросистем микробоценозы являются не только самой активной структурной единицей экосистемы, но и наиболее функционально-информационным компонентом биоты, способным быстро реагировать на смену экологических условий, и данные свойства микробно-ферментных систем могут быть использованы в целях биодиакции и экологического мониторинга, сотрудники лаборатории применили названные подходы при оценке агробиологического потенциала разрабатываемых удобрительно-мелиорирующих материалов, а также при оценке антропогенного воздействия, включая средства химизации и экзогенные загрязнители, на почвы агросистем разной специализации и интенсивности использования.

Так, например, известно, что минеральные удобрения в умеренных дозах положительно влияют на жизнедеятельность почвенной микрофлоры, обусловливая увеличение общей численности микроорганизмов или отдельных их групп. Повышение жизнедеятельности микроорганизмов и активности выделяемых ими ферментов под действием минеральных удобрений, является результатом активизации процессов, связанных с трансформацией азот- и углеродсодержащих соединений и дыхания почвы. Если в почве нет достаточного количества легкоразлагающихся органических веществ, то даже невысокие дозы удобрений, постоянно вносимые в почву, постепенно уменьшают численность микроорганизмов, а систематическое применение минеральных удобрений в высоких дозах изменяет всю биодинамику почвы, увеличивая численность отдельных физиологических групп микроорганизмов за счет угнетения других, и приводит к перестройке в микробном ценозе.

Использование повышенных доз минеральных удобрений резко интенсифицирует микробиологические процессы и, как следствие, приводит к быстрой минерализации гумуса, на-

коплению нитратов, усилинию эмиссии газообразных соединений азота из почвы. Негативным последствием интенсивного применения минеральных удобрений при этом может быть изменение микробного ценоза почвы, где преимущественное развитие приобретают микроорганизмы, более приспособленные к изменившимся условиям. Некоторые из них обнаруживают фитотоксические свойства, приводящие к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Данное явление в значительной мере связано с повышением концентрации почвенного раствора и его осмотического давления, подкисляющим действием азотных удобрений, приводящим к повышению в почвенном растворе концентрации марганца и алюминия.

Исследованиям биологической активности почв разного генезиса, включая ферментативные реакции, сотрудниками лаборатории уделялось большое внимание, так же как и воздействию минеральных и органических удобрений на такие показатели. При этом чрезвычайно интересным и важным было изучение особенностей трансформации нативного органического вещества, сформированного в специфических гидроморфологических условиях в течение длительного периода времени и строго характерного для конкретных разновидностей почв, под влиянием как естественных, так и техногенных факторов в условиях лизиметрических опытов с торфяными, развивающимися на тростниковом и осоковом торфе, органо-минеральной сработанной, дерново-подзолистой суглинистой, дерново-подзолистой супесчаной и рыхлым песком, в которых содержание органического вещества варьировало, соответственно, от 94 до 0,6 % на сухое вещество.

Результаты исследований позволили установить взаимосвязь различных доз минеральных удобрений и характера функционирования микробного сообщества, где почвы, заправленные различными нормами минеральных удобрений, различались по микробиологической активности. Наибольшая активность была отмечена в торфяной, развивающейся на осоковом торфе почве, затем на тростниковом, далее в органо-минеральной и дерново-подзолистой супесчаной почвах.

Внесение минеральных удобрений в малых и средних дозах ($N_{120} P_{90} K_{120}$ и $N_{180} P_{135} K_{180}$) благоприятно сказалось на развитии неспорообразующих аммонифицирующих бактерий. Отмеченные дозы удобрений также положительно повлияли на рост и остальных исследуемых групп микроорганизмов. Численность аммонификаторов, спорообразующих, использующих минеральные формы азота, и нитрификаторов возросла в 1,5–2 раза, а грибов и денитрификаторов – в 3 раза, по сравнению с контролем.

Дальнейшее возрастание доз минеральных удобрений привело к снижению численности ам-

монификаторов, бактерий, использующих минеральные формы азота, и общей численности микроорганизмов, но повысило количество споровых бактерий, актиномицетов, грибов, нитрификаторов и денитрификаторов во всех почвах.

Известно, что первая стадия разложения в почве более лабильного органического вещества осуществляется грибами и разрушающими клетчатку бактериями. Поэтому увеличение соотношения в почве численности актиномицетов к численности грибов может служить *микробиологическим показателем углубления степени минерализации органического вещества*. В наших опытах расчет данного соотношения показал, что оно снижалось на целинных торфяных почвах и возрастало на органо-минеральной и дерново-подзолистой с увеличением вносимых доз минеральных удобрений.

По мере увеличения доз минеральных удобрений до двойной и тройной, активность катализы повышалась и затем постепенно затухала. На максимальном уровне минеральных удобрений этот фермент менее активен, чем в неудобренных вариантах на всех исследуемых разновидностях почв, что характерно также и для дегидрогеназы.

С увеличением доз минеральных удобрений происходило снижение интенсивности дыхания изучаемых почв. Наиболее резкий спад данного процесса отмечен у почв, сформированных на осоковом, затем на тростниковом торфе, далее у органо-минеральной и дерново-подзолистой почв. Интенсивность продуцирования почвой углекислоты изменялась в убывающем порядке, снижаясь с 76 мг в варианте без удобрений до 37 мг в варианте с максимальными нормами их внесения, что свидетельствует о снижении биологической активности почвы.

Установлено, что под воздействием интенсивного использования минеральных удобрений количество плесневых грибов и актиномицетов возрастает в 2 раза, т. е. происходит перегруппировка в сторону микробов-деструкторов сложных органических соединений. При этом возможно увеличение токсичности почв с ростом численности грибов и актиномицетов, поскольку данные группы микроорганизмов являются производителями токсинов. Наряду с отмеченными явлениями, снижается численность целлюлозоразрушающих и нитрифицирующих организмов, а также олигонитрофилов. В 2 и более раз повышается численность денитрифицирующих бактерий, что увеличивает опасность газообразных потерь азота, снижает олиготрофность почвы. Резко, более чем в 5 раз, уменьшается количество в почве клубеньковых бактерий клевера.

Соотношение активности пероксидазы и полифенолоксидазы свидетельствует о преобладании процессов минерализации над процессами гумификации во всех разновидностях почв,

причем максимальных значений оно достигает в дерново-подзолистой супесчаной почве (более чем в 11 раз), в то время как в остальных типах почв этот показатель равен двум. Рост активности пероксидазы наблюдается практически во всех вариантах на протяжении 4 лет испытаний, обнаруживая прямую зависимость от наличия органического вещества в составе почвы.

Важно отметить, что при практически близком содержании органического вещества интенсивность деятельности полифенолоксидазы, пероксидазы, инвертазы и дегидрогеназы в торфяно-болотной почве, развивающейся на тростниковом торфе, была почти в 2 раза ниже, чем на осоковом, что объясняется генетическими и структурными особенностями данных почв.

Таким образом, на основе изучения изменения микробиологической и ферментативной активности в зависимости от генетических особенностей и содержания органического вещества торфяно-болотных, органо-минеральной, дерново-подзолистых супесчаной и суглинистой почв в естественных и модельных условиях, а также в условиях лизиметрических опытов, установлена высокая степень связи между содержанием органического вещества в почве и уровнем активности полифенолоксидазы, пероксидазы, катализы, уреазы и инвертазы.

Общей закономерностью для почв изучаемого генетического ряда являлось то, что по мере повышения норм вносимых минеральных удобрений происходило изменение численности и структуры микробного сообщества, ферментативной активности и продуцирования почвой углекислого газа. При использовании высоких и очень высоких норм удобрений снижалась общая численность микроорганизмов, включая группу целлюлозоразрушающих, существенно возрастило количество актиномицетов, плесневых грибов и денитрификаторов, понижались активность большинства из изучаемого ряда ферментов и интенсивность выделения почвой CO_2 . На фоне этих изменений на злаковом травостое 4–7 лет использования на старопахотной торфяно-болотной почве продуктивность сенокоса возрас- тала с 3,6 до 9,5 т/га кормовых единиц.

Полученные результаты позволяют с достаточной мерой обоснованности использовать определенные биологические показатели для диагностирования изменения экологического состояния почв в связи с применением различных видов и норм минеральных удобрений.

В качестве наиболее сенситивных показателей, отражающих реакцию почв на применение минеральных и органических удобрений, могут рассматриваться численность и состав микрофлоры, ферментативная активность и интенсивность продуцирования почвой углекислого газа.

В период с 2006 по 2011 г. совместными усилиями лабораторий биогеохимии ландшаф-

тов (Н. Н. Бамбалов и В. В. Марыганова), использования и охраны торфяных и сапропелевых месторождений (А. П. Гаврильчик и Т. Я. Кащинская), лаборатории агрономии (Г. А. Соколов с сотрудниками), а также лаборатории микроэлементов Института почвоведения и агрохимии (М. В. Рак с сотрудниками), выполнены два крупных инновационных проекта (государственный заказчик – Министерство сельского хозяйства и продовольствия Беларуси), в том числе один – по государственной программе «Торф», посвященных реализации полного комплекса как теоретических исследований, так и экспериментально-прикладных, опытно-технологических работ и работ с перспективой организации производства высокоэффективных жидких комплексных микроудобрений на основе гуматов торфа для некорневой обработки растений, инкорстации семян и добавки к минеральным удобрениям [4]. Отсутствие отечественных жидких гуминовых удобрений с микроэлементами, их дефицит в СНГ и дальнем зарубежье предопределили необходимость реализации названных проектов.

Разработка жидких комплексных составов микроудобрений, совмещающих функции биологически активных препаратов, стимулирующих рост и развитие растений, и микроудобрений, предполагала решение сложной задачи совместимости компонентов и стабильности составов как в жидким концентрированном, так и в разбавленном виде для непосредственного применения в качестве баковой смеси при некорневой обработке растений.

Создание подкормочных жидких составов предусматривало: подбор биологически активного компонента, регулирующего процессы роста и развития растений, повышающего их продуктивность и качественные показатели; введение минеральных веществ, выполняющих роль микроэлементов; стабилизацию составов в жидким виде, т. е. удержание компонентов в растворенном состоянии.

В качестве биологически активного компонента были выбраны два гуминовых препарата.

Один из гуминовых препаратов, так называемый модифицированный гумат аммония (МГА), получали обработкой торфа аммиаком при повышенных температуре и давлении. Базовый гуминовый препарат МГА обладает выраженной ростостимулирующей активностью. Кроме того, обработка торфа аммиаком при повышенных температуре и давлении приводила к обогащению его гуминовых веществ различными азотсодержащими группами, обладающими комплексообразующим действием по отношению к ионам металлов, выполняющим роль микроэлементов.

При разработке второго гуминового препарата использовался следующий научный подход. Поскольку наиболее низкомолекулярные и гид-

рофильные гуминовые вещества, фульвокислоты, образуют с ионами металлов гораздо более растворимые в воде комплексы по сравнению с ГК, было целесообразно провести модификацию гуминовых веществ торфа путем разукрупнения их макромолекул и повышения количества кислых функциональных групп. Это было достигнуто окислением торфа пероксидом водорода, в результате чего происходит окислительно-гидролитическая деструкция составляющих его веществ сложной природы, прежде всего ГК, с образованием водорастворимых фульвоподобных соединений. Таким образом, в качестве органической основы жидких гуминовых удобрений использовались гуминовые вещества окисленного пероксидом водорода торфа, представленные, главным образом, водорастворимыми фульвоподобными соединениями.

Известно, что гуминовые вещества торфа – полифункциональные высокомолекулярные соединения, в структуре которых имеются карбоксильные и гидроксильные группы, обладающие способностью замещаться на ионы металлов. Однако механизм взаимодействия ионов металлов с гуминовыми кислотами не сводится к чисто обменным реакциям, а имеет более сложную природу. ГК способны связывать значительно больше ионов металлов, чем это следует из количества кислых функциональных групп. Одной из причин является образование в водных растворах гуматов мицеллярных структур: молекула высокомолекулярного гумата – полиэлектролит с отрицательным зарядом. При попадании в такую систему электролита происходит достройка агрегата с образованием двойного электрического слоя, образуется ядро мицеллы, вокруг которого формируется диффузный слой из протоионов. Таким образом, благодаря мицеллярному структурообразованию молекула гумата может связывать большое количество катионов металлов. Кроме того, ГК в своей структуре содержат большой набор группировок со свободными неподеленными электронными парами (амино- и метоксигруппы, эфирный кислород, азометиновый азот и т. д.), которые могут служить полноценными лигандами при донорно-акцепторных взаимодействиях, и, следовательно, являются высокоактивными комплексообразователями, создавая прочные связи с ионами металлов, имеющими вакантные энергетические уровни.

Удерживание поливалентных катионов металлов ГК связано, в основном, с образованием комплексных соединений, количество которых зависит от исходной концентрации ионов (чем она меньше, тем интенсивнее комплексообразование), pH среды и от природы иона (чем выше валентность, тем сильнее комплексообразование).

Главная научная задача, которую надо было решить при разработке составов, обладаю-

щих комплексным действием, т. е. являющихся одновременно биостимулятором и микроудобрением, состояла в преодолении высокой коагулирующей способности ионов металлов, представляющих микроэлементы, по отношению к гуминовым веществам. Необходимо было выявить закономерности взаимодействия и условия существования в концентрированных водных растворах гуминовых веществ торфа с двухвалентными ионами меди, марганца, цинка, борсодержащими анионами и их смесями, а также условия длительной стабилизации этих растворов при хранении и разбавлении.

Для получения стабильных высококонцентрированных растворов гуминовых веществ торфа со смесями микроэлементов, сохраняющих стабильность при разбавлении водопроводной водой, была использована способность ионов металлов, представляющих микроэлементы, связываться в стабильные водорастворимые комплексы с трилоном Б, а в случае борсодержащего аниона – с моноэтаноламином. В качестве вспомогательного комплексообразующего вещества, регулирующего pH среды и препятствующего выпадению гидроксидов металлов, использовался водный раствор аммиака, образующий с ионами меди и цинка водорастворимые амминокомплексы.

При выборе комплексообразователей учитывалась также их доступность и применимость в сельском хозяйстве и производстве изделий бытовой химии.

Комплексные гуминовые микроудобрения универсального и специального составов «Эле-Гум» имеют различные наборы и соотношения микроэлементов и предназначены для предпосевной обработки и некорневых подкормок сельскохозяйственных полевых и овощных, плодово-ягодных и цветочно-декоративных культур. Удобрения применяются для обеспечения потребности вегетирующих растений в микроэлементах, стимуляции их роста и развития, повышения урожайности, улучшения качества и повышения биологической полноценности растениеводческой продукции. Массовая концентрация гуминовых веществ в удобрении более 10 г/л. Содержание микроэлементов в форме хелатов и в органо-минеральной форме: «Эле-Гум Медь–Марганец» – 2 марки по 25 либо 33 г/л каждого из элементов; «ЭлеГум Медь–Цинк» по 25 г/л каждого элемента; «ЭлеГум Бор–Марганец» по 25–50 г/л марганца и 50–100 г/л бора; «ЭлеГум Бор–Цинк» по 50 г/л каждого элемента; «ЭлеГум Бор–Медь» по 25–50 г/л меди и 50–100 г/л бора; «ЭлеГум Цинк–Марганец» по 20–30 г/л каждого из элементов; «ЭлеГум–Комплекс» с концентрацией гуминовых веществ 0,5 г/л и содержанием меди, марганца, цинка и бора от 2 до 2,5 г/л. Удобрения хорошо растворимы в воде, нетоксичны, экологически совмес-

тимы. Применение их позволяет совместить в единый процесс три различных агроприема с функциями подкормки, защиты и росторегуляции растений.

Комплексные гуминовые микроудобрения обладают теми преимуществами, что, во-первых, содержат микроэлементы в форме хелатных (медь, цинк, марганец) или органо-минеральных (бор) соединений, которые в равной мере эффективны в любых почвенно-агрохимических условиях и хорошо совместимы с регуляторами роста растений, а, во-вторых, содержат в своем составе биологически активные вещества природного происхождения (торфяной гуминовый препарат), необходимые для обработки растений в целях повышения их урожайности, улучшения качества и сохранности продукции.

Ценность препаратов биологического происхождения состоит еще и в том, что они свободно включаются в естественные природные цепи превращений, легко расщепляются до простых химических соединений.

Норма расхода 1–3 л/га в зависимости от вида удобрения. Повышение продуктивности возделываемых культур, обусловленное применением удобрений, сопровождается улучшением качества и биологической полноценности растениеводческой продукции, повышением содержания до оптимального уровня микроэлементов.

Впервые в Беларуси было организовано (ОАО «Зеленоборское» Смолевичского района) импортозамещающее промышленное производство комплексных гуминовых микроудобрений с годовой производительностью 450 000 л. Качество и эффективность новой продукции соответствует мировому уровню по многим показателям, а разработанная комплексная технология является принципиально новой.

В полевых опытах, проведенных Институтом почвоведения и агрохимии, на дерново-подзолистых почвах установлено, что предпосевная обработка семян озимой пшеницы микроудобрением «ЭлеГум-Медь–Марганец» в дозе 3,0 л/т обеспечила прибавку урожайности зерна 4,7 ц/га. По годам она колебалась от 4,5 до 4,8 ц/га.

Отмечена высокая эффективность применения микроудобрений «ЭлеГум» в некорневые подкормки озимой пшеницы в фазу начала кущения – осенью и в стадию первого узла и в фазу выхода флагового листа. В сравнении с фоновым вариантом некорневые подкормки озимой пшеницы микроудобрением «ЭлеГум Бор–Медь» обеспечили прибавку урожайности зерна 5,4 ц/га, «ЭлеГум Медь–Марганец» – 6,0 ц/га, «ЭлеГум Цинк–Марганец» – 4,2 ц/га и «ЭлеГум Медь–Цинк» – 4,3 ц/га.

Предпосевная обработка семян «ЭлеГум Медь–Марганец» и «ЭлеГум Бор–Марганец» при

возделывании ячменя обеспечивала повышение урожайности зерна в среднем на 2,4–4,2 ц/га.

Некорневая подкормка ячменя в фазу выхода в трубку в среднем обеспечила прибавки урожайности зерна: «ЭлеГум Бор–Медь» – 4,0 ц/га, «ЭлеГум Медь–Марганец» – 5,5 ц/га, «ЭлеГум Цинк–Марганец» – 4,3 ц/га и «ЭлеГум Медь–Цинк» – 3,4 ц/га.

Отмечено улучшение качества зерна при применении микроудобрений в предпосевную обработку семян и некорневую подкормку ячменя. В зависимости от способа внесения, марок и доз получено увеличение содержания белка в среднем за два года на 0,4–1,5 %, сбора белка на 0,4–1,1 ц/га по сравнению с фоновым вариантом.

Двукратная некорневая подкормка (в фазу 10–12 листьев и через 1,5 мес. после первой) микроудобрением «ЭлеГум Бор–Медь» в дозе 1,0–3,0 л/га обеспечивала прибавки урожайности корнеплодов сахарной свеклы 31–38 ц/га, «ЭлеГум Бор–Марганец» в тех же дозах – 26–35 ц/га. По годам от применения исследуемых микроудобрений прибавки урожайности колебались от 14 до 50 ц/га при урожайности в фоновом варианте 512–637 ц/га. В зависимости от марки и доз микроудобрений отмечена тенденция повышения сахаристости и снижения содержания альфа-аминного азота в корнеплодах по сравнению с фоновым вариантом. В среднем исследуемые удобрения повышали выход сахара на 1,9–8,3 ц/га в сравнении с фоновым вариантом.

В 2011 г. удобрения включены в Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь, и поставляются сельскохозяйственным предприятиям АПК, а также фермерским хозяйствам, садоводам и огородникам как импортозамещающая и эффективная альтернатива иностранным удобрениям. Разработчиками проектов было получено пять патентов и подано четыре заявки.

Энергетическая эффективность является одним из наиболее объективных показателей научно-технического уровня разработки и производства, а энергия является наиболее стабильной мерой, не подверженной инфляции в отражении соотношения материальных затрат и получаемой прибыли. Такой подход позволяет количественно, с энергетической точки зрения, оценить все разрабатываемые материалы, технологии их производства и применения с учётом сельскохозяйственной продукции, полученной за счёт их использования, т. е. в итоге всесторонне на разных уровнях определить энергетическую эффективность каждого из предлагаемых материалов.

Энергетическую эффективность оценивали для производства и применения торфонавозных компостов (ТНК) – базовый вариант, и сбалансированных органо-минеральных удобрений

(СОМУ) на основе торфа, сапропеля, бурого угля, а также микроудобрений комплексных гуминовых (МКГ), созданных в институте при нашем непосредственном участии.

На первом этапе определяли все энергозатраты, связанные с приготовлением и внесением новых удобрений. Для этого по каждому виду выполненных работ подсчитаны: прямые затраты (расход электроэнергии; расход на горючие и смазочные материалы, и др.), овеществленные затраты (на производство аммиака, солей металлов, комплексообразователей, гуминового препарата, сельскохозяйственных машин и др.), расходы на строительство производственного здания и затраты труда.

Энергозатраты на производство и внесение ТНК при дозе 62 т/га и СОМУ при дозе 45 т/га соответственно, составили 30 111,4 МДж/га и 23 841,1 МДж/га. Так как органические удобрения – длительно действующие, то на первую культуру отнесено 50 % всех затрат, а на две последующие – остальные 50 % затрат. Таким образом, энергетические затраты на применение и производство органических удобрений под конкретные культуры (картофель и озимые и яровые зерновые) составляли 15 056 МДж/га для ТНК и 11 921 МДж/га для вариантов с СОМУ (таблица).

Анализ технологий производства и использования традиционных торфонавозных компо-

стов, сбалансированных органических удобрений, а также жидких комплексных микроудобрений на основе гуминовых веществ подтверждает их высокую агротехнологическую эффективность. Так, энергия, накопленная в прибавке урожая, в вариантах с СОМУ была значительно, почти в 2 раза, выше, чем в варианте ТНК с минеральными удобрениями. Примерно в 2 раза был выше и коэффициент энергетической эффективности ($K_{\text{эфф}}$) в варианте с СОМУ, достигая значений 4,2 на картофеле и 3,9 на зерновых культурах. Коэффициент энергоэффективности – это отношение энергии, накопленной в прибавке урожая, к величине энергозатрат на производство и применение удобрений.

Прямые затраты на получение новых жидких гуминовых микроудобрений «ЭлеГум» в общей сумме относительно невелики, так как технологические операции не требуют больших затрат энергоносителей. Основная доля расходов энергии приходится на овеществленные затраты, связанные с использованием химических препаратов и компонентов, таких, как медный и цинковый купорос, сульфат марганца, водный аммиак, жидкий гуминовый препарат, вода и др. Энергетические эквиваленты микроэлементных удобрений довольно высокие (43–103 МДж/кг), поэтому затраты на их производство составляют основную часть.

Таблица. Энергетическая эффективность производства и применения различных видов и форм удобрений

Наименование удобрения	Энергозатраты на производство и применение, МДж/га	Культура	Количество обработок	Доза внесения	Прибавка урожая, ц/га	Содержание обменной энергии в 1 кг продукции в натуре, МДж	Энергия, накопленная в прибавке урожая, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
Торfonавозные компости + NPK удобрения	15 056	Картофель	–	62 т/га	93,0	2,77	25,8	1,7
		Зерновые	–		25,8	11,33	29,2	1,9
Сбалансированные органо-минеральные удобрения	11 921	Картофель	–	45т/га	106–182	2,77	29,4–50,4	2,5–4,2
		Зерновые	–		28,1–40,6	11,33	31,8–46,0	2,7–3,9
Жидкие гуминовые микроудобрения «ЭлеГум»	169	Сахарная свекла, корнеплоды	2	2,4 л/га	27,0	3,26	8,8	52
	103–254	Зерновые	1–3	1,4–3,6 л/га	5,7–5,8	11,41	5,7	25–65
	75–84	Кукуруза, зерно	1	1,2 л/га	10,8–20,6	14,6	15,8–30,1	187–400

Высокие в целом коэффициенты энергетической эффективности «ЭлеГум» получены за счет того, что крайне малые дозы новых удобрений (1–3 л/га) дают значительные прибавки урожая сельскохозяйственных культур, что еще раз энергетически подтверждает их высокую эффективность.

Согласно полученным данным, на порядок более высокие, чем при использовании органических удобрений на торфяной основе (ТНК и СОМУ), энергетические коэффициенты получены при применении жидких гуминовых микроудобрений «ЭлеГум» и возделывании зерновых куль-

тур – $k_{\text{эфф.}} = 25–65$), сахарной свеклы – 52 и кукурузы на зерно – 187–400.

Таким образом, энергетический анализ, выполненный нами путем сопоставления затрат на проведение мероприятий и результатов, полученных вследствие их реализации, способст-

вует обоснованному внедрению в производство новых ресурсо- и энергосберегающих технологий производства и использования различных видов удобрений и других материалов, производимых на основе торфа, включая комплексные гуминовые микроудобрения.

Литература

1. **Бамбалов, Н. Н.** Баланс органического вещества торфяных почв и методы его определения / Н. Н. Бамбалов. Минск, 1984.
2. **Бамбалов, Н. Н.** Новые экологически чистые мелиоранты для рекультивации почв / Н. Н. Бамбалов, Г. А. Соколов // Эффективное повторное использование бывших военных объектов: экологические и экономические аспекты демилитаризации. Тр. IV междунар. конф. Минск, 1997. С.106–108.
3. **Вирясов, Г. П.** Комплексные гранулированные удобрения на основе торфа / Г. П. Вирясов. Минск, 1988.
4. **Кашинская, Т. Я.** Комплексные жидкие микроудобрения на основе гуминовых веществ торфа / Т. Я. Кашинская [и др.] // Фитогормоны, гуминовые вещества и другие биорациональные пестициды в сельском хозяйстве : материалы VII Междунар. конф. Минск, 2011. С. 89–91.
5. **Красноберская, О. Г.** Влияние вида и состава органоминеральных удобрений на доступность фосфора молодым растениям / О. Г. Красноберская [и др.] // Природопользование. Минск, 2008. Вып. 14. С. 215–218.
6. **Красноберская, О. Г.** Изменение группового состава вторичного органического сырья при его биологической переработке / О. Г. Красноберская [и др.] // Природопользование. Минск, 2010. Вып. 17. С. 241–245.
7. **Симакина, И. В.** Изменение структуры азотсодержащих органических соединений в торфе, сапропеле, буром угле и органических удобрениях на их основе / И. В. Симакина [и др.] // Почвоведение и агрохимия. 2005. № 1 (34). С. 135–138.
8. **Соколов, Г. А.** Комплексные и специализированные мелиоранты почв на основе торфа и сапропеля / Г. А. Соколов [и др.] // Торф и бизнес. 2007. № 1(7). С. 24–30.
9. **Соколов, Г. А.** Применение удобрений на торфяно-болотных почвах / Г. А. Соколов [и др.] // Научные основы применения удобрений в Западном регионе СССР. Минск, 1981. С. 95–101.
10. **Соколов, Г. А.** Сравнительная оценка термической устойчивости органического сырья различного генезиса / Г. А. Соколов, Л. Ю. Цынкалова // Изв. НАН Беларуси. Сер. хим. наук. 2006. № 2. С. 92–96.
11. **Соколов, Г. А.** Экологические аспекты воздействия аммиачной селитры на молекулярную структуру гуминовых кислот торфяной почвы / Г. А. Соколов [и др.] // Изв. Академии аграрных наук РБ. 1998. № 3. С. 57–61.
12. **Тишкович, А. В.** Использование торфа в сельском хозяйстве / А. В. Тишкович. Минск, 1984.
13. **Тишкович, А. В.** Теория и практика аммонизации торфа / А. В. Тишкович. Минск, 1972.
14. **Цыганов, А. Р.** Эффективность применения органо-минеральных составов для детоксикации дерново-подзолистых почв и снижения накопления тяжелых металлов в растениеводческой продукции / А. Р. Цыганов [и др.] // Природные ресурсы. 2006. № 4. С. 83–89.
15. **Чижиков, Ю. А.** Использование каустобиопитов и продуктов на их основе для снижения потерь почвы от дефляции / Ю. А. Чижиков, Г. А. Соколов // Докл. НАН Беларуси. 2008. № 3. Т. 52. С. 113–117.
16. **Bambalov, N.** New soil improving agents for accelerated cultivation of soils with low fertility or damaged / N. Bambalov, G. Sokolov // J. Int. Agrophysics. 1998. № 12. P. 357–360.
17. **Sokolov, G.** Change of biological activity of soils of different genesis under the use of increasing norms of mineral fertilizers in natural conditions and in lysimeter experiments / G. Sokolov, I. Simakina, E. Sosnovskaya // Physical, Chemical and Biological Processes in Soils. Poland. 2010. P. 593–605.
18. **Sokolov, G.** New generation of Soil Improvers on Sapropel-Peat bases for complex Sandy Desert Soils Culturing / G. Sokolov, N. Bambalov // Soils of Arid Region : Proceedings of Int. Symposium. Izmir, Turkey. 1998. P.103–106.
19. **Sokolov, G.** Optimization of Peat properties for the production of high efficient soil improvers for horticulture and vegetable on low fertile sandy soils / G. Sokolov, N. Bambalov // Proc. Of IPC Conf. Amsterdam. 1997.
20. **Sokolov, G.** Peat-Sapropel Materials as Soil Improvers / G. Sokolov, N. Bambalov // Sustaining our Peatlands: Proceedings of the 11-th Int. Peat Congress. Quebec, Canada. 2000. Vol.1. P. 461–464.
21. **Tishkovich, A.** Peat utilization and development on Agriculture / A. Tishkovich [et al.] // Journal of North-East Normal Univ. 1997. № 4. P. 103–108.
22. **Yamaguchi, T.** Arid land reclamation with natural organic materials / T. Yamaguchi [et al.] // Journal of Arid Land Studies. Japan. 1997. № 7–1. P. 35–45.

Г. А. Соколов, О. Г. Красноберская, И. В. Симакина, Н. С. Гаврильчик
**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ТОРФА,
 САПРОПЕЛЯ И ПРОДУКТОВ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ**

Получены новые данные, разработаны научные основы и эффективные приемы направленного преобразования органического вещества, активизации азотсодержащего потенциала каустобиолитов посредством компостирования их с отходами животноводства, балансировки составов и стабилизации заданных свойств специальными минеральными добавками с целью создания конкурентоспособных биосферно-совместимых удобрительно-мелиорирующих композиций для повышения устойчивости и производительного потенциала почв агроландшафтов, а также для экологической реабилитации земель, подвергающихся чрезмерной антропогенной нагрузке.

Полученные результаты имеют фундаментальное значение и дополняют теорию активизации органического вещества, обосновывают принципиальные различия механизма и закономерностей преобразования группового состава органического вещества при его направленной модификации,

Новые комплексные органо-минеральные гранулированные удобрения на основе торфа и сапропеля обладают свойством пролонгированного действия, в 2,0–2,5 раза более высокой устойчивостью от непроизводительного вымывания элементов питания по сравнению с исходными минеральными удобрениями, обеспечивают прибавку урожайности пропашных и зерновых культур до 30 % в год внесения и 10–20 % в последействии.

В последние годы разработаны концентрированные жидкие комплексные микроудобрения, совмещающие функции удобрений и биологически активных препаратов, стимулирующих рост и развитие растений с нормой расхода 1–3 л/га в зависимости от вида удобрения.

G. A. Sokolov, O. G. Krasnoberskaja, I. V. Simakina, N. S. Gavrilchik
**SCIENTIFIC BASES OF PEAT,
 SAPROPEL AND PRODUCTS OF THEIR PROCESSING USE IN AGRICULTURE**

New data have been gained, scientific bases and effective instruments of the directed transformation of organic matter, nitrogen containing potential of caustobylolithes by means of their composting with waste of animal industries, balancing of structures and stabilization of the set properties by special mineral additives for the purpose of creation of competitive biosphere-compatible fertilizing-reclaiming compositions to enhance resistance and productive potential of soils of agro-landscapes, and also for ecological rehabilitation of lands under excessive anthropogenic load have been developed.

The results gained have fundamental value and supplement the theory of activation of organic substance, prove basic distinctions of the mechanism and regularities of transformation of group structure of organic substance at its directed updating,

The new complex organic-mineral granulated fertilizers on the basis of peat and sapropel are of prolonged action property, 2,0-2,5 fold higher stability from unproductive washout of nutritive elements in comparison with initial mineral fertilizers, provide a productivity increase of tillage and grain crops till 30 % in the year of entering and 10–20 % after.

The concentrated liquid complex micro-fertilizers which combine functions of fertilizers and biologically active preparations, stimulating growth and development of plants with consumption norm 1–3 l/hectare depending on a fertilizer kind are developed last years.

А. Э. Томсон, Г. В. Наумова

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ГИДРОЛИТИЧЕСКАЯ ДЕСТРУКЦИЯ ТОРФА – ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ЕГО ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

Представлен краткий обзор научных исследований, проведенных в нашей стране, в том числе в Институте торфа АН БССР по химической переработке торфа с использованием методов его кислотного гидролиза и окисления в щелочной среде. Показано, что использование этих классических методов химической деструкции природных полимеров торфа позволяет получать широкий спектр биологически активных препаратов, необходимых современному обществу.

Как известно, торф, как и другие молодые органогенные горючие ископаемые (неогеновые бурьи угли, лигниты), включает в свой состав в основном органическое вещество, содержание которого в его сухой массе может достигать 98 %. Оно является источником тепловой энергии при его сжигании, кладезем питательных веществ при использовании в качестве органического удобрения, а при химической переработке – резервуаром органических соединений различной химической природы.

Органическое вещество торфа представляет собой сложный комплекс неспецифических (индивидуальных и высокомолекулярных соединений различного химического строения, присущих живой природе) и специфических соединений – гуминовых веществ, формирующихся в процессе торфообразования.

Разнообразные природные условия болотной среды создают богатства растительных группировок, которые после отмирания под воздействием влаги и недостаточного доступа воздуха при активном участии микрофлоры способствуют образованию в торфогенном слое различных видов и типов торфа, отличающихся между собой по физическим, физико-химическим, арохимическим свойствам и химическому составу.

Характерно, что органические компоненты торфа преимущественно представлены такими природными полимерами, как гемицеллюзозы, целлюлоза, гуминовые вещества, пектины, полифенолы, полиураниды, смолы, протеины и, в меньшей мере, индивидуальными соединениями – простыми сахарами пентозного и гексозного строения, альдегидами, аминокислотами, органическими кислотами, а также витаминами, картоиноидами, жирными кислотами, тритерпеноидами, флавоноидами, сложными эфирами и др.

Учитывая, что в составе органического вещества торфа преобладают природные полимеры, его эффективное использование возможно в результате их направленной глубокой переработки. Это относится в полной мере к верховому мало-разложившемуся сфагновому торфу, органическое вещество которого включает в основном легко- и трудногидролизуемые полисахариды.

Исследованиями Института торфа АН БССР показано, что сфагновый и шейхцериево-сфагновый торф со степенью разложения менее 20 % содержит 65–78 % (на органическую массу) гидролизуемых веществ, в том числе от 45 до 60 % редуцирующих веществ (РВ), что превышает содержание углеводов в таком растительном сырье, как сахарный тростник и сахарная свекла. Однако для извлечения простых сахаров из сфагнового торфа необходимо осуществлять его химическую деструкцию.

Наиболее эффективным методом химической деструкции полисахаридов является кислотный гидролиз, который, начиная с середины XX в., широко используется в промышленной биотехнологии при переработке углеводсодержащего сырья растительного происхождения [37].

Начало развитию исследований по гидролизу полисахаридов, как сообщает В. И. Шарков, было положено в России в начале XIX в. (1811 г.) Кирхгоффом и Вуттичем, которыми была открыта возможность превращения полисахаридов древесины в моносахариды под воздействием разбавленных минеральных кислот, а во Франции в этот же период (1819 г.) Браконно осуществлена реакция гидролиза полисахаридов древесины с использованием концентрированных минеральных кислот. Первые работы по гидролизу сфагнового торфа в автоклавах при избыточном давлении были проделаны на опытном заводе в Ютландии (1905 г.) с использованием в качестве катализатора разбавленной серной кислоты. Однако неравномерное распределение ее в торфяной массе не позволило осуществить эффективную деструкцию полисахаридов и получить высокий выход монос [36].

В 30-х гг. XX в. обстоятельные исследования по гидролизу малоразложившегося сфагнового торфа (торфяного очеса) в Беларуси проводили профессора В. В. Жуков, И. М. Курбатов и О. В. Троицкая [3, 9].

И. М. Курбатовым установлено, что гидролитическую деструкцию торфяного очеса с высоким выходом сахаров (45–50 %) необходимо осуществлять в присутствии 2 %-й соляной кислоты. Это позволяет полностью перевести в

растворимое состояние гемицеллюлозы торфа в виде моноз.

В. В. Жуковым для деструкции гемицеллюлоз увлажненного сфагнового торфа предложено проводить его тепловую обработку в автоклавах при избыточном давлении, не используя минеральные кислоты. Катализатором процесса гидролиза в этом случае выступают органические кислоты, содержащиеся как в самом торфе, так и образующиеся при его «пропаривании» [2].

Учитывая имеющийся в стране опыт по промышленной гидролитической переработке древесных отходов (щепы, опилок) и растительных гемицеллюлозсодержащих материалов (кошты льна, кочерыжек кукурузы, лузги подсолнечника), а также результаты научных исследований, проведенных в области гидролиза сфагнового торфа, в Беларуси было принято решение о создании опытного производства по гидролитической переработке торфа. Опытный завод построен в г. Минске в 1936 г. На нем предполагалось отработать технологию производства этилового спирта из сфагнового торфа. Работы по изучению различных методов гидролиза на данном предприятии возглавляли ведущие специалисты СССР по гидролизу растительного сырья, профессора В. И. Шарков и И. А. Беляевский. В работах активное участие принимал Институт торфа АН БССР. Основными трудностями в технологическом процессе обнаружились при разделении прогидролизованной массы, поэтому было предложено нейтрализованную гидролизатмассу вместе с остатком упаривать и использовать в качестве кормовой добавки скоту. Разрушенный в годы Великой Отечественной войны опытный гидролизный завод уже не восстанавливался.

В 50-е гг. XX в. по инициативе профессора В. Е. Раковского Институтом торфа АН БССР начаты работы по химической классификации торфов Беларуси [32]. Наличие больших запасов верхового малоразложившегося торфа на территории республики явилось предпосылкой для интенсификации научно-исследовательских работ как в области изучения химического состава сфагнового торфа, так и в направлении дальнейшего совершенствования технологии его гидролитической переработки.

Наиболее перспективным направлением в развитии химической переработки углеводсодержащих материалов в этот период являлся их гидролиз концентрированной серной кислотой, разработанный под руководством академика АН Латвийской ССР П. Н. Одинцова, получивший известность как Рижский метод гидролиза [26]. Этот метод был основан на принципе механохимической деструкции полисахаридов растительного сырья в присутствии малых модулей концентрированной серной кислоты по типу гомогенно-гетерогенной каталитической реакции, при

которой в начале происходит физическая адсорбция кислоты исходным сырьем, затем – хемосорбция кислоты с образованием оксониевых соединений с разрывом связей, образованием эфиров, их омылением до олигосахаридов. Дополнительно должна проводиться еще одна технологическая операция, в процессе которой гидролизатмасса разбавляется водой и нагревается для инверсии олигосахаридов до моносахаридов.

В 60-х гг. ХХ в. Институтом торфа АН БССР совместно с Институтом химии древесины АН Латвийской ССР, проектно-конструкторским бюро Управления торфяной промышленности Литовской ССР на протяжении ряда лет велись работы по изучению различных способов и режимов процесса гидролиза торфа, в том числе в присутствии малых количеств концентрированной серной кислоты в вибромельницах. Результаты детального исследования продуктов деструкции торфа показали, что данный метод позволяет получать 95–100 %-й выход РВ от его полисахаридов. В этот же период совместно со специалистами Управления торфяной промышленности Литовской ССР была апробирована с положительными результатами технология гидролиза торфа концентрированной серной кислотой в аппаратах истирающего действия – вальцевых гидролизерах. Выход РВ от полисахаридов торфа составлял 80–85 %. Это свидетельствует о том, что при таком способе гидролиза происходит деструкция не только легко-, но и трудногидролизуемых полисахаридов торфа с максимальным выходом РВ и удовлетворительным отделением остатка. Технологическая схема данного производства полностью проверена в экспериментальном цехе на торфопредприятии «Эжерелис» (Литовская ССР), где были также получены опытные партии кормовых белковых дрожжей. Исследования, проведенные Институтом питания Академии медицинских наук СССР показали, что дрожжи, полученные на гидролизатах торфа, отличаются высокими кормовыми свойствами и не обладают канцерогенной активностью. Однако несмотря на достижение таких высоких показателей ни вибромельницы, ни вальцевые гидролизеры не нашли практического применения в гидролизном производстве из-за малой производительности и высокой энергоемкости.

Для аprobации Рижского метода Иркутским НИИ ХИММАШ на следующем этапе был разработан и изготовлен опытный образец шнекового гидролизера-экструдера истирающего действия, который смонтирован на опытной установке Бобруйского гидролизного завода, сооруженной в 1975 г. с участием специалистов Института торфа АН БССР. Исследования по отработке режима гидролиза торфа по новому методу выполнялись под руководством кандидата химических наук В. С. Шиманского с участием сотрудников: Г. А. Евдокимовой, Р. Ф. Братишко, М. Н. Лойко,

Р. В. Кособоковой, Л. П. Лато и др. Были отработаны оптимальные режимы перемешивания торфа с кислотой, перетирания его в шнековом гидролизере, инверсии гидролизатмассы, разделения инвертированного продукта на гидролизат и негидролизуемый остаток, что позволило получить крупную партию нового гидролизата, детально исследовать его химический состав и апробировать в биотехнологических целях [28]. Необходимо отметить, что при данном способе гидролиза гидролизатмасса превращалась в вязко-пластический продукт, который после инверсии легко разделялся на жидкую и твердую фазы. Это обусловлено тем, что при прохождении сфагнового торфа через гидролизер-экструдер происходит разрыв геолиновых клеток и торфяная масса теряет способность к значительному поглощению влаги.

Одновременно Л. В. Косоноговой и Г. А. Евдокимовой в Институте торфа АН БССР проведены исследования по разработке способа окисления остатка от гидролиза торфа в щелочной среде в присутствии кислорода воздуха при избыточном давлении [4]. Основой для проведения данных научных исследований явились работы ленинградских ученых В. А. Проскурякова [30], посвященные окислительной деструкции растительного сырья, а также Е. Ф. Маяковой, разработавшей технологию окисления торфа в водно-щелочной среде с получением биологически активных кормовых добавок [10–11].

С использованием метода газожидкостной хроматографии был детально исследован состав оксидатов, выявлено, что они представлены широким спектром карбоновых, дикарбоновых, оксикарбоновых, фенолкарбоновых кислот, отдельные из которых как, например, янтарная, обладают высокой ростостимулирующей активностью. В оксидатах также присутствовала салициловая кислота, используемая при консервировании пищевых продуктов. Однако выход этих биологически активных соединений в значительной степени зависел от условий окисления, т.е. процесс обогащения оксидатов соединениями с заданными биологическими свойствами зависел от технологических приемов получения целевых продуктов [6].

Институтом микробиологии АН БССР под руководством доктора биологических наук М. В. Залашко проведены испытания опытных образцов гидролизата и оксицида торфа, а также оксицида негидролизуемого остатка в качестве питательных сред на многих расах дрожжевых организмов. Установлено, что питательные среды, приготовленные с их применением, позволяют повысить выход белковых дрожжей в сравнении с синтетическими средами, что обусловлено присутствием в их химическом составе не только моносахаридов, но и биологически активных соединений – органических кислот, аминокислот и

гуминовых веществ. Кроме того, выявлена перспективность использования торфяных питательных сред при синтезе каротинообразующих и липидообразующих дрожжей [29].

Торфяной гидролизат также испытан в промышленных условиях Бобруйского гидролизного завода в качестве добавки к древесным гидролизатам при получении кормовых белковых дрожжей. В результате испытаний установлено, что торфяные гидролизаты являются не только питательной средой при микробном синтезе белка, но и биологически активными продуктами, способными оказывать положительное влияние на процессы микробного синтеза, а следовательно, на выход дрожжевой биомассы и увеличение содержания в ней белка. Это свидетельствует о том, что белковые кормовые дрожжи, получаемые с использованием торфяных гидролизатов, являются конкурентоспособными с кормовыми дрожжами, получаемыми на древесных гидролизатах [28].

Необходимо отметить, что практическим результатом вышеуказанных работ явилось создание в Латвийской ССР в конце 70-х гг. XX в. опытно-промышленного цеха по гидролитической переработке сфагнового торфа в шнековых гидролизерах с последующим использованием торфяных гидролизатов после их упаривания в качестве углеводной кормовой добавки, так называемой торфяной мелассы. Второй очередью строительства данного цеха предусматривалось создание дрожжевого производства на торфяных субстратах, однако в результате распада СССР намеченные планы не были осуществлены.

Продолжением этих работ в конце 70-х гг. прошлого века явились исследования, направленные на использование сфагнового торфа в сферу гидролизного производства совместно с отходами древесины. Гидролитическая переработка древесной щепы с добавками 10 и 20 % торфяной фрезерной крошки по массе на Речицком опытно-промышленном биохимическом заводе показала перспективность такой технологии, так как получаемые древесно-торфяные гидролизаты обеспечивали более высокий выход белковых торфяных дрожжей и улучшение их качества по протеину [13].

Учитывая выраженную биологическую активность торфяных гидролизатов и оксидатов представлялось целесообразным на их основе разработать новые эффективные биологически активные препараты ростостимулирующего действия. Проведенные отдельные опыты по подбору торфяного сырья различной геоботанической природы показали, что в таких целях наиболее эффективно можно использовать, как низинный, так и верховой торф моховой, травяной и древесной групп с повышенной степенью разложения (более 20 %), что позволяет получать биологически активные препараты, обогащенные гуми-

новыми веществами, меланоидинами, аминокислотами, карбоновыми кислотами и др.

Важно отметить, что с 60-х гг. прошлого столетия идея получения биологически активных препаратов ростстимулирующего действия на основе торфа и бурого угля в СССР начала воплощаться в конкретные технологии. Так, в Тюмени под руководством И. Д. Комиссарова было организовано опытно-промышленное производство гуматов натрия из торфа и бурых углей, а Днепропетровским сельскохозяйственным институтом разработан способ получения так называемого балластного препарата «Гумат натрия» путем перетирания бурого угля с гидроксидом натрия в шnekовых аппаратах [35]. Однако операция по переводу твердых гуматов в растворимое состояние (водная экстракция) в данном случае была возложена на потребителя, поэтому препарат не находил применения в крупных хозяйствах страны.

Новые принципы в технологии получения гуминовых препаратов появились в нашей стране благодаря исследованиям В. Е. Раковского и его научной школы, которые свидетельствовали о возможности активизации ГК в процессе химической переработки торфа, что явилось научной основой для создания целого ряда регуляторов роста растений в республике. На опытной установке Института торфа АН БССР был получен путем окисления торфа хлором препарат «Хлоргумат» [31], во ВНИИТП – путем окисления торфа кислородом воздуха в щелочной среде – препарат «СРТ», а в Калининском филиале ВНИИТП при окислении торфа азотной кислотой – препарат «Нитрогумат». Препараты были испытаны в качестве стимуляторов роста в сельском хозяйстве с положительными результатами не только в растениеводстве, но и в животноводстве [7, 10].

В Институте торфа АН БССР в 80-е гг. XX в. также были разработаны новые гуминовые препараты путем окисления и гидролиза торфа в присутствии разбавленных кислот и щелочных реагентов: «Оксидат торфа», «Оксигумат» и «Гидрогумат». Опытная установка по отработке технологических режимов получения этих препаратов смонтирована по заданию Института торфа АН БССР на территории завода Горного воска (п. Свислочь, Минской области). На этой установке были выпущены первые опытные партии новых гуминовых препаратов, что позволило детально исследовать их химический состав, физико-химические свойства, установить токсикологические показатели, разработать первичную нормативно-техническую документацию и оценить агрехимическую эффективность их применения на различных сельскохозяйственных культурах.

Первый из этих препаратов – «Оксидат торфа» – получали путем окисления исходного сырья в водно-аммиачной среде в присутствии пероксида водорода. Он представлен в основном

окисленными гуматами аммония, которые составляли более 80 % его органической массы. Многолетние биологические исследования и испытания в растениеводстве «Оксидата торфа» совместно со специализированными научными институтами выявили его высокую ростстимулирующую активность при выращивании картофеля, сеянных трав, овощных культур и др. Особым спросом он пользуется у дачников, фермеров, садоводов и выпускается в качестве товара народного потребления с реализацией через торговую сеть [19, 20].

«Оксигумат» в отличие от «Оксидата торфа» является продуктом предварительного щелочного гидролиза, а затем окисления торфяного сырья в присутствии катализирующих агентов, обеспечивающих более глубокую деструкцию органических компонентов торфа и в том числе его гуминовых веществ. Он более сложен по химическому составу, представлен не только окисленными ГК (около 50 % от ОМ препарата), но и широким спектром карбоновых, оксикарбоновых, фенолкарбоновых кислот, придающих ему наряду с высокими ростстимулирующими свойствами способность защищать овощные культуры от целого ряда грибных и бактериальных инфекций. Это обеспечило его использование в овощеводстве защищенного грунта [14, 16–17].

«Гидрогумат» – продукт двухступенчатой гидролитической переработки торфа в кислой, а затем – в щелочной средах, в процессе которых на первой стадии обеспечивается деструкция полисахаридов и протеинов, на второй – протекает процесс меланоидинообразования по реакции Майяра с участием моносахаридов и аминокислот, а также переход активированных гуминовых кислот в жидкую фазу. Препарат представляет собой сложный конгломерат биологических активных веществ ростстимулирующего действия, среди которых более 50 % составляют активированные и обогащенные кислородсодержащими функциональными группами гуминовые кислоты, до 30 % – меланоидины, обладающие физиологической активностью на уровне самих ГК, а также – пектины, карбоновые кислоты и аминокислоты [15, 18].

Полный комплекс санитарно-гигиенической проверки новых препаратов показал, что они безвредны для человека, животных, водной фауны, полезных насекомых и почвенной микрофлоры.

Разработка, всесторонние химико-технологические исследования и внедрение этих гуминовых препаратов осуществлялись в Институте торфа АН БССР (ныне Институт природопользования НАН Беларуси) известными специалистами в данной области: Н. А. Жмаковой, Р. В. Кособоковой, Л. В. Косоноговой, М. Н. Лойко, Н. Л. Макаровой, Г. В. Наумовой, Т. Ф. Овчинниковой Г. И. Райциной, Н. Ф. Сорокиной и др.

Препараты «Гидрогумат» и «Оксигумат» испытаны с положительными результатами научно-исследовательскими институтами сельскохозяйственного профиля нашей республики на различных сельскохозяйственных культурах, а также в других странах – России, Украине, Болгарии, Австрии, Германии, Молдове, Узбекистане, Туркменистане и др.

В настоящее время «Оксигумат», «Гидрогумат» и «Оксидат торфа» выпускаются в опытно-промышленном и промышленном масштабах в различных административных областях республики и используются в сельском хозяйстве, как в общественном секторе, так и в частном. Регулятор роста растений «Оксидат торфа» по договору о совместной деятельности Института природопользования НАН Беларусь и ЗАО «Юнатэкс» (г.п. Дружный Минской области) выпускается в течение ряда лет в объеме около 400 т в год. Одновременно этим же предприятием производится в лечебных целях препарат «Оксидат торфа+» (до 30 т в год), используемый в бальнеологии и физиотерапии не только в Беларусь, но также в России и странах Балтии.

Препарат «Оксигумат», обладающий не только ростостимулирующим, но и защитным действием от грибных инфекций растений, выпускался в 90-х гг. XX в. на крупной промышленной установке в колхозе «40 лет Октября» (Каменецкий район Брестской области). Он широко использовался в овощеводческих хозяйствах западной части Беларусь и поставлялся на отдельные овощные комбинаты Польши. В 2011 г. выпуск «Оксигумата» организован ООО «Фермент» в Брестской области в промышленном цехе производительностью 5 т в сутки (п. Флерьяново Ляховичского района). Препарат реализуется через торговую сеть для дачников и фермеров.

В Гомельской области ЗАО «Белнефтесорб» (п. Червонное Житковичского района) производство регулятора роста растений «Гидрогумат» осуществляется на крупной промышленной установке. Выпуск готовой продукции, по данным предприятия, составляет от 200 до 600 т в год в зависимости от заявок потребителя. Указанный препарат на протяжении предыдущих 5 лет выпускался также ООО «Минскоблагосервис» (пос. Островы, Червенского района) на специально сооруженной промышленной установке, а в настоящее время на той же установке – в ЧПУП «Червень–АгроЛ». Его годовой выпуск составляет от 130 до 200 т в год.

В настоящее время специалистами Института природопользования НАН Беларусь (Г. В. Наумовой, Н. А. Жмаковой, Н. Л. Макаровой, Т. Ф. Овчинниковой) установлено: гуминовые вещества обладают высокой антиоксидантной активностью, что позволяет использовать гуминовые препараты для снятия оксидативного стресса различного происхождения у сельскохозяй-

ственных животных [1, 34]. Совместно с НПЦ по животноводству НАН Беларусь с использованием методов окислительно-гидролитической деструкции торфа и отходов растительного сырья разработана и прошла широкие производственные испытания в животноводстве на высокопродуктивных коровах новая биологически активная кормовая добавка «Гуметан», обладающая антиоксидантным действием. Для повышения иммунитета сельскохозяйственных животных разработана серия биологически активных кормовых добавок: «Эколин–1», «Эколин–2», «Эколин–3», «Эколин–4», которые прошли опытно-производственные испытания на экспериментальной базе «Будогово» НПЦ НАН Беларусь по животноводству, а также широкую производственную проверку в хозяйствах республики. Специалистами отмечены положительные результаты при скрмливании «Эколина» дойным коровам в различные периоды их содержания. Применение «Эколина» способствовало увеличению молочной продуктивности и улучшению качества молока по таким показателям, как жирность и содержание в нем белка [22]. По-видимому, такие гуматсодержащие кормовые добавки, обладающие адаптогенными и стресс-корректорными свойствами, повышают естественную резистентность организма, что обеспечивает переход гомеостаза животных на новый уровень, обеспечивающий их более высокую продуктивность.

Институтом природопользования НАН Беларусь совместно с РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С. Н. Вышелесского» проведены исследования, направленные на создание комплексного гуматсодержащего препарата «Гумосил» для птицеводства, включающего такие жизненно важные микроэлементы, как селен и йод. Почвы Беларусь бедны данными элементами, их содержание в составе основных кормовых средств не достигает порогового и даже критического уровня, поэтому йод- и селенсодержащие добавки должны обязательно входить в кормовые рационы.

Селен оказывает на организм животных очень большое воздействие, участвуя прямым или косвенным образом практически во всех обменных процессах. Абсолютно необходимым для жизнедеятельности организма животных является также йод. Он непосредственно влияет на функционирование щитовидной железы и на уровень синтеза тироидных гормонов, которые регулируют углеводный, жировой, белковый, водный, витаминный и ряд других обменных процессов в организме птицы.

Многочисленными исследованиями показана целесообразность совместного использования селена и йода по причине комплементарного воздействия этих микроэлементов на ряд биохимических процессов в организме, их взаимозаменяемости и активного влияния на усвоение

друг друга. Гуминовые вещества, обладая мембранотропным действием, способны ускорять поступление микроэлементов в живую клетку, а в данном случае – селена и йода. Кроме того, неорганические соли микроэлементов (йодид калия и селенит натрия) в результате окислительно-восстановительных реакций взаимодействуют с гуминовыми веществами и переходят в органическую форму, что снижает их токсичность и повышает усвоемость.

Исследование химического состава нового препарата «Гумосил» показало, что он содержит широкий спектр биологически активных соединений, в том числе 17 аминокислот, среди которых аланин, пролин, тирозин, фенилаланин, треонин, обладающие ростостимулирующим действием. Общее содержание аминокислот в препарате достигает 3 % от органической массы. В препарате присутствуют также летучие органические кислоты, а главное, – нелетучие алифатические кислоты, представленные янтарной, молоновой, щавелевой, левулиновой, молочной, гликоловой (до 20 % от органической массы препарата). При этом биологически активные из них – янтарная, гликоловая и молочная кислоты – преобладают. Гуминовые и гуминоподобные вещества в «Гумосиле» составляют 6,8 % от общего содержания органических соединений.

Фармаколого-токсикологические исследования новой гуматсодержащей кормовой добавки, включающей селен и йод, показали, что она является безопасным веществом, и может использоваться для применения в качестве подкормки цыплят-бройлеров и кур-несушек.

Установлено, что под воздействием препарата «Гумосил» повышается сохранность поголовья цыплят-бройлеров и их среднестатистические привесы. У кур-несушек повышается яйценоскость и качественные показатели яиц, в которых повышается содержание витамина А и каротиноидов [23].

В настоящее время завершаются производственные испытания данных кормовых добавок на ведущих животноводческих комплексах и птицефабриках. На эти препараты и технологию их производства разработана нормативно-техническая документация, что позволит организовать их выпуск на существующих промышленных установках по изготовлению гуминовых препаратов, имеющих незагруженные производственные мощности.

Учитывая важную роль в защите растений от патогенов фенольных соединений, были проведены исследования по глубокому окислению сфагнового торфа в щелочной среде в присутствии катализаторов с получением новых препаратов фунгицидного и бактерицидного действий «Сфагнин» и «Сфагнодублин», обогащенных фенолкарбоновыми кислотами. Лабораторными опытами выявлено, что наибольший вклад в об-

разование фенольных соединений при окислении торфа вносят такие его органические компоненты, как гуминовые кислоты и лигнин [21].

Установлено, что новые препараты «Сфагнин» и «Сфагнодублин» в малых концентрациях подавляют развитие грибной инфекции на 80,0–85,0 %, а бактериальных – на 60,0 % т. е. обладают ярко выраженной фунгицидной активностью. Опытно-промышленное производство «Сфагнина» отработано на промышленной установке ООО «Минскоблагсервис», что дало возможность получить крупные опытные партии препарата и совместно со специалистами Института защиты растений НАН Беларуси провести их испытания в сельском хозяйстве. Трехлетние производственные испытания препаратов в тепличных комбинатах Беларуси при выращивании огурца и томатов, дали также положительные результаты. Для борьбы со стеблевыми инфекциями на основе указанных препаратов разработаны эффективные защитные пасты, используемые в овощеводстве защищенного грунта, которые по эффективности не уступают зарубежным.

Использование гуминовых препаратов совместно с минеральными добавками (микроэлементами) позволило создать гуматсодержащие микроудобрения: «Маг-рапс», «Маг-кукуруза», «Маг-бахчевые» и др., позволяющие существенно повысить урожайность соответствующих культур. Их производство было апробировано и освоено на опытно-промышленной установке ЧПУП «Червень-АгроН» [27].

Специалистами РУП «Институт почвоведения и агрохимии» (И. М. Богдевичем, Г. В. Пориговской, А. М. Русаловичем) совместно с сотрудниками Института природопользования НАН Беларуси (Г. В. Наумовой, Н. А. Жмаковой, Р. В. Кособоковой, Л. В. Косоноговой, Т. Ф. Овчинниковой) разработаны рецептуры и новые формы минеральных удобрений, обогащенные гуминовыми веществами, защищенные патентами РБ и Евразийским патентом. В качестве гуматсодержащих добавок в удобрения вводятся препараты «Гидрогумат» и «Оксигумат». Такие добавки улучшают физико-химические свойства туков, которые лучше усваиваются растениями. Это позволяет снизить дозы их внесения на 15–25 % при одновременном повышении урожайности выращиваемых культур и улучшении качества растениеводческой продукции. Гуматсодержащие азотные удобрения внедрены в конце 90-х гг. ХХ в. на ПО «ГродноАзот», а их выпуск в последние 5 лет достигает 35–59 тыс. т в год.

По заданию Министерства сельского хозяйства и продовольствия РБ совместно с НПЦ по животноводству НАН Беларуси в последние годы разработан и успешно используется в хозяйствах республики консервант плющеного зерна «Гумоплюс», в основе технологии его производства также положена окислительная деструк-

ция торфа, которая осуществляется в присутствии специальных добавок [33]. Производство препарата «Гумоплюс» организовано и освоено под авторским надзором специалистов лаборатории экотехнологий Института природопользования НАН Беларусь (А. Э. Томсоном, Г. В. Наумовой, Н. А. Жмаковой, Н. Л. Макаровой, Т. Ф. Овчинниковой) на ЧПУП «Червень–Агро», что имеет важное практическое значение, так как консерванты кормов Республика Беларусь закупает за рубежом. Выпуск консерванта «Гумоплюс» в 2011 г. составил 80 т, а в текущем году уже достиг 200 т. В последние годы намечено существенно наращивать производство данного импортозамещающего продукта.

Изложенные материалы свидетельствуют о том, что такие методы химической деструкции торфа, как его гидролиз и окисление, позволяют эффективно использовать это ценное природное сырье, получая широкий конгломерат биологически активных препаратов с заданными свойствами, которые способствуют интенсификации процессов микробного синтеза в биотехнологии, повышению урожайности различных культур в растениеводстве, сохранности поголовья и увеличению продуктивности скота и птицы в животноводстве и птицеводстве, а при консервировании кормов – их надежной сохранности.

Литература

1. **Жмакова, Н. А.** Содержание свободных фенольных соединений в оксидатах отдельных компонентов торфа / Н. А. Жмакова [и др.] // Природопользование. Минск, 2006. Вып. 12. С. 129–130.
2. **Жуков, В. В.** Бескислотный гидролиз торфяного очеса / В. В. Жуков // А.с. № 41493. Бюл. № 1. 1933.
3. **Жуков В. В.** Гидролиз торфа / В. В. Жуков. М., 1935.
4. **Косоногова, Л. В.** Исследование высокомолекулярных продуктов окислительной деструкции остатка от гидролиза торфа / Л. В. Косоногова, Г. А. Евдокимова, В. Е. Раковский // Химия твердого топлива. 1984. № 2. С. 63–66.
5. **Косоногова, Л. В.** Исследование высокомолекулярных продуктов от гидролиза торфа / Л. В. Косоногова, Г. А. Евдокимова, В. Е. Раковский // Химия твердого топлива. 1984. № 2. С. 63–66.
6. **Косоногова, Л. В.** Исследованиеmono- и дикарбоновых кислот продуктов окисления остатка от гидролиза торфа в щелочной среде / Л. В. Косоногова, Г. А. Евдокимова, Н. А. Самойлова // Химия твердого топлива. 1974. № 3. С. 110–115.
7. **Круглов, В. П.** Применение нитрогуминовых стимуляторов роста и их использование в сельском хозяйстве / В. П. Круглов, В. А. Некрасов // Тр. ВНИИТП. Л., 1979. Вып. 43. С. 59–60.
8. **Круглов, В. П.** Производство и эффективность применения нитрогуминовых стимуляторов роста / В. П. Круглов // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Днепропетровск, 1983. С. 50–52.
9. **Курбатов, И. М.** Торф и его химическое использование / И. М. Курбатов, О. В. Троицкая // Торф. дело. 1935. № 3. С. 15–19.
10. **Лиштан, И. И.** Основные свойства торфа и методы их определения / И. И. Лиштан, Н. Т. Король. Минск, 1975.
11. **Маякова, Е. Ф.** Исследование продуктов окисления торфа / Е. Ф. Маякова [и др.] // Торф. пром-сть. 1964. № 4. С. 24–27.
12. **Маякова, Е. Ф.** Биостимуляторы из торфа / Е. Ф. Маякова, В. Е. Раковский, В. П. Круглов // Тр. ВНИИТП. Л., 1979. Вып. 39. С. 114–117.
13. **Наумова, Г. В.** Совместная гидролитическая переработка отходов древесины и верхового малоразложившегося торфа / Г. В. Наумова [и др.] // Гидролизная и лесохимическая промышленность. 1985. № 6. С. 13–15.
14. **Наумова, Г. В.** Биологически активные гуминовые препараты и различные аспекты их физиологического действия / Г. В. Наумова [и др.] // Природопользование. Минск, 1996. Вып. 1. С. 99–103.
15. **Наумова, Г. В.** Ресурсосберегающие технологии получения экологобезопасных биологически активных препаратов на основе торфа и эффективность их применения в сельском хозяйстве / Г. В. Наумова [и др.] // Природные ресурсы. 1996. № 1. С. 101–106.
16. **Наумова, Г. В.** Новые гуминовые препараты фунгицидного и бактерицидного действия на основе торфа / Г. В. Наумова [и др.] // Гуминовые вещества в биосфере: Тр. 4-ой Всероссийской конф.. М. 2007. С. 497–502.
17. **Наумова, Г. В.** Экологически безопасные биологически активные препараты растительного происхождения и перспективы их использования в овощеводстве / Г. В. Наумова [и др.] // Овощеводство на рубеже 3-го тысячелетия : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Минск, 2000. С. 159–162.
18. **Наумова, Г. В.** Регулятор роста растений "Гидрогумат" и особенности его биологического действия / Г. В. Наумова [и др.] // Физикохимия торфа и сапропеля. Проблемы их переработки и комплексного использования: Тр. VII Междунар. науч.-практ. конф. Радченко. 1994. С. 24–26.
19. **Наумова, Г. В.** Биостимулятор из торфа и бурого угля для ускоренного роста растений / Г. В. Наумова [и др.] // Информ. листок. Минск, 1987.
20. **Наумова, Г. В.** Получение БАВ из торфа / Г. В. Наумова [и др.] // Теория действия ФАВ. Днепропетровск, 1983. С. 80–83.
21. **Наумова, Г. В.** Физико-химическая характеристика и химический состав новых экологобезопасных средств защиты «Сфагнин» и «Дублин» / Г. В. Наумова [и др.] // Природопользование. Минск, 2006. Вып. 12. С. 125–129.

22. **Наумова, Г. В.** Влияние добавки «Эколин-4» на молочную продуктивность, качество молока и экономические показатели / Г. В. Наумова [и др.] // Природопользование. Минск, 2011. Вып.20. С. 117-122.
23. **Наумова, Г. В.** Новая гуматсодержащая кормовая добавка для птицы и эффективность ее применения / Г. В. Наумова [и др.] // Достижения и перспективы применения гуминовых веществ в сельском хозяйстве : материалы Междунар. научн.-практ. конф. Днепропетровск, 2008. С. 99–98.
24. **Наумова, Г. В.** Функциональная и бактерицидная активность препаратов из сфагнового торфа и дубового экстракта / Г. В. Наумова [и др.] // Природопользование. Минск, 2005. Вып.11. С. 206–209.
25. **Наумова, Г. В.** Влияние продуктов гидролиза различных видов торфа на рост белковых дрожжей / Г. В. Наумова [и др.] // Торф. пром-сть. 1981. № 7. С. 22–24.
26. **Одинцов, П. Н.** Способ гидролиза целлюлозсодержащих материалов концентрированной серной кислотой / П. Н. Одинцов, А. И. Калниньш, И. И. Бейнарт // А.с. №106013. Бюл. № 16. 1956.
27. **Пироговская, Г. В.** Эффективность использования комплексного гуматсодержащего микроудобрения МАГ-рапс / Г. В. Пироговская [и др.] // Почва, растения, урожай : Тр. Междунар. научн.-практ. конф. Горки. 2010. С. 128–131.
28. **Получение кормовых дрожжей из торфа** / Под ред. В. Е. Раковского. Минск, 1977.
29. **Продукты микробного синтеза на торфяных субстратах** / Под ред. М. В. Залашко. Минск, 1978.
30. **Проскуряков, В. А.** Изучение термоокислительной стабильности дикарбоновых кислот жирного ряда / В. А. Проскуряков [и др.] // Работы в области химии и технологии топлива. Л., 1964. С. 189–192.
31. **Раковский, В. Е.** Биологически активные вещества торфа / В. Е. Раковский // Химия и химическая технология. М., 1967. Вып. 3. С. 9–16.
32. **Раковский, В. Е.** Химические исследования торфов БССР / В. Е. Раковский, В. С. Позняк // Химия и генезис торфа и сапропелей. Минск, 1962. С. 30–43.
33. **Томсон, А. Э.** Консерванты кормов на основе продуктов окисления торфа / А. Э. Томсон, Г. В. Наумова // Торф и продукты его переработки. Минск, 2009. С. 278–287.
34. **Томсон, А. Э..** Антиоксидантная активность препаратов из торфа и растительного сырья / А. Э. Томсон [и др.] // Природопользование. Минск, 2011. Вып. 19. С.165–170.
35. **Христева, Л. А.** Применение гумата натрия в качестве стимулятора роста / Л. А. Христева [и др.] // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Киев, 1973. Ч. 4. С. 308–310.
36. **Шарков, В. И.** Гидролизное производство / В. И. Шарков. М.-Л., 1948. Т. 2.
37. **Шарков, В. И.** Технология гидролизного и сульфатно-спиртового производства / В. И. Шарков. М.-Л., 1959.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 28.09.2012 г.

A. Э. Томсон, Г. В. Наумова

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ГИДРОЛИТИЧЕСКАЯ ДЕСТРУКЦИЯ ТОРФА – ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ЕГО ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

Торф является широко распространенным органогенным сырьем в природных условиях, органическое вещество которого целесообразно использовать для химической переработки. Наиболее эффективным методом такой переработки являются его гидролитическая и окислительная деструкция.

Использование минеральных кислот для гидролитической переработки растительного сырья и сфагнового торфа в экспериментальном плане и на примитивных опытных установках датируется началом XIX в., в то время как уже к середине XX в. появляются серьезные технические решения по созданию промышленных производств по гидролитической переработке растительных отходов (древесной щепы, опилок, лузги подсолнечника, кукурузных кочерыжек и др.), что создало предпосылки для создания гидролизного производства сфагнового торфа низкой степени разложения (торфяного очеса).

Первое опытно-промышленное предприятие по химической переработке сфагнового торфа с использованием в качестве катализатора разбавленных растворов серной кислоты было организовано в нашей стране в г. Минске в 1936 г., на базе которого намечалось получать этиловый спирт путем биохимической переработки гидролизатов. В создании производства принимал участие Институт торфа Академии наук Беларуси. Однако предприятие не смогло выйти на оптимальные режимы в связи с затруднением в разделении гидролизата и негидролизуемого остатка. Это обусловлено высокой влагоемкостью сфагнового торфа и соответственно продуктов его гидролиза слабыми растворами минеральных кислот.

Одним из путей преодоления сложного момента явилась гидролитическая деструкция сфагнового торфа в твердой фазе в присутствии малых количеств серной кислоты в шнековых гидролизерах-экструдерах по так называемому Рижскому методу, который был отработан Институтом торфа АН БССР совместно с учеными Литвы и Латвии в 70-е гг. прошлого века. На Бобруйском гидролизном заводе была сооружена опытно-промышленная установка, которая позволила провести весь цикл испытаний новой технологии с положительными результатами, а полученная партия

гидролизата успешно переработана совместно с древесными гидролизатами на промышленной линии предприятия. Это позволило получить дрожжевую биомассу с более высоким выходом и повышенным содержанием белка в сравнении с древесными гидролизатами. Характерно, что в процессе экструзии гидролизат масса торфа превращалась в вязкопластическую массу, не способную поглощать избыток влаги из-за разрушения геопиноевых клеток сфагнового торфа.

Выявленная повышенная биологическая активность торфяных гидролизатов явилась основанием в конце XX в. разработать в Институте торфа АН БССР (ныне Институт природопользования НАН Беларусь) путем направленной окислительно-гидролитической деструкции торфа целый ряд биологически активных препаратов ростостимулирующего и защитного действий от патогенов для растениеводства, а в последние годы – биологически активных добавок к кормам животных и птицы, гуматсодержащих минеральных и микроудобрений, консервантов кормов

Обобщение литературных данных и результатов исследований, проведенных на современном этапе, в том числе Институтом природопользования НАН Беларусь, свидетельствует о перспективности использования методов гидролиза и окисления при переработке органического вещества торфа, в том числе, совместно с растительными отходами и минеральными добавками.

A. E. Thomson, G. V. Naumova

OXIDATIVE-HYDROLYTIC PEAT DESTRUCTION – EFFECTIVE METHOD OF ITS CHEMICAL PROCESSING

Peat is a widely known organogenic raw material in natural conditions which organic substance is expedient for using for chemical processing. The most effective method of such processing is its hydrolytic and oxidation decomposition.

Use of mineral acids for hydrolytic processing of vegetative raw materials and sphagnum peat in the experimental plan and on primitive pilot installations is dated to the start of XIX century, while already by the middle of the XX century serious technical decisions on the creation of industrial productions for hydrolytic processing of a vegetative waste (wood chips, sawdust, sunflower shells, corn cabbage stumps, etc.) appear, that has created preconditions to create hydrolytic manufacture of sphagnum peat of low decomposition degree (peat surface layer).

The first pilot enterprise for chemical processing of sphagnum peat with use as the catalyst of the diluted solutions of sulfuric acid has been organized in our country in Minsk in 1936, on the basis of which production of ethyl spirit by biochemical processing of hydrolyzates were planned. The Institute of peat of Academy of sciences of Belarus took part in the manufacture run. However the enterprise could not reach the optimum modes due to difficulty in separation of hydrolyzate and non-hydrolyzed residue. This is caused by a high moisture capacity of sphagnum peat and accordingly by products of its hydrolysis by weak solutions of mineral acids.

One of the ways of overcoming of the difficult moment was hydrolytic decomposition of sphagnum peat in a solid phase in the presence of small quantities of sulfuric acid in feed screw of hydrolysis vessels-extruders by the so-called Riga method which has been fulfilled by the Institute of peat NA BSSR together with scientists of Lithuania and Latvia in the 70's last century. At the Bobruisk hydrolytic factory a pilot-industrial installation was designed which allowed to carry out the whole test cycle of new technology with positive results, and the gained part of the hydrolyzate was successfully processed together with wood hydrolyzates on the industrial line of the enterprise. This allowed to produce a yeast biomass of higher exit and enhanced content of protein in comparison with wood hydrolyzates. It is characteristic, that in the process of extrusion a hydrolyzate-mass of peat turned in viscous-plastic one, not capable to absorb surplus of moisture due to destruction of geoline cells of sphagnum peat.

The revealed raised biological activity of peat hydrolyzates served as a basis in the end of XX century to develop at the Institute of peat AS BSSR (nowadays Institute for Nature Management NAS of Belarus) by directed oxidative-hydrolytic peat decomposition a variety of biologically active preparations of growth-stimulating and protective actions from patogenes for plant growing, and last years - biologically active additives to forages of animals and poultry, humus-containing mineral and microfertilizers, preservatives of forages.

The generalization of literature data and results of the researches carried out at the present stage, including Institute for Nature Management NAS of Belarus, testifies to the prospect of use of methods of hydrolysis and oxidation at processing peat organic substance, including, along with a vegetative waste and mineral additives.

**И. И. Лиштван, А. М. Абрамец, Ю. Г. Янuta, Г. С. Монич,
Н. С. Першай, В. Н. Алейникова**

ГУМИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА ТОРФА: ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Представлен обзор результатов (анализа) публикаций по изучению физико-химических свойств гуминовых веществ торфа, выполненных в лаборатории физико-химической механики природных дисперсных систем Института природопользования НАН Беларуси за последние 15 лет. Обоснованы перспективные направления (технологии) получения новых видов продукции как в настоящее время, так и в будущем для охраны окружающей среды.

Гуминовые вещества (ГВ) играют исключительную роль в природе и жизни человека, что получило в последние десятилетия закономерное подтверждение и особенно в области инженерной экологии, т. е. в области практического решения проблем охраны окружающей среды. Именно эта область, как никакая другая, позволяет данному классу природных высокомолекулярных соединений (ВМС) и препаратов на их основе как инструменту решать широкий спектр задач повышения плодородия почв и охраны окружающей среды. ГВ – широкий класс соединений, которые выполняют необходимые посреднические функции между живым и минеральным миром. Так, темная окраска ГВ прямо влияет на регулирование теплового режима почв и климата планеты в целом. Полифункциональность ГВ обеспечивает им доминирующую роль в аккумуляции и миграции ионов металлов (Ме) в недрах, почвах и наземных ландшафтах. Специфическая гидрофильность и молекулярная структура предопределяют ГВ уникальную роль структурообразователей почв, регулятора их воздушного и водного режимов, средств для рекультивации территорий, нарушенных хозяйственной деятельностью человека, а также других целей [18].

Гуминовые кислоты (ГК) – базовый компонент ГВ. ГК как природные ВМС представляют собой широкий класс гомологов, состоящих из соединений, отличающихся структурой, составом, количеством и топографией молекулярных фрагментов. В зависимости от генезиса сырья, степени его метаморфизма в составе ГК могут преобладать как низкомолекулярные, так и высокомолекулярные соединения с разным содержанием алифатических и ароматических фрагментов, функциональных групп. Поэтому ГК, выделенные из различных видов сырья, отличаются по составу и свойствам. При обезвоживании и сушке структура фрагментов ГК также претерпевает существенную трансформацию с изменением и состава активных центров ассоциатов ГК, и физико-химических свойств препарата в целом, а значит, и активность их как регуляторов структуры, водных свойств, процессов переноса влаги,

ионообменных свойств почвенных систем соответственно изменяется [1, 15, 27].

Склонность к ассоциации и, наоборот, к растворению зависит от функционального состава и молекулярной структуры ГК. В составе последних преобладают кислородсодержащие функциональные группы, прежде всего карбоксильные. Чем больше содержание функциональных групп в структуре соединения, тем выше его сродство к полярному растворителю, а следовательно, и растворимость. Преобладание неполярных фрагментов повышает гидрофобность соединения, тем самым уменьшая его растворимость в полярных растворителях. В результате соединения гидрофильной природы при растворении образуют истинный раствор, а гидрофобные – в воде полукolloидно-высокомолекулярные системы. Налицо молекулярно-дисперсное равновесие: истинный раствор ↔ золь ↔ гель ↔ коллоидно-ассоциатное строение. Именно исходя из данных свойств фракции ГК имеют разную молекулярно-ассоциатную структуру [13, 15]. Поэтому фракционирование ГК торфа выполняли по их растворимости в воде в зависимости от pH среды, т. е. по способности растворения в определенном диапазоне pH раствора [13]. На основе исследований [5, 6, 22] разработана технология коллоидно-химического фракционирования ГК с целью получения стандартизованных фракций ГК при использовании гуминового сырья различного генезиса.

Методом дифференциального потенциометрического титрования ГК определено содержание функциональных групп, способных участвовать в обменном процессе в широком диапазоне pH. На основании этих данных рассчитаны константы диссоциации функциональных групп фракций ГК [7, 11, 15, 27].

Природу активных центров ГК исследовали, используя кислотно-основные индикаторы [7, 27]. Оценку молекулярно-массового распределения фракций ГК выполняли методом гель-хроматографии [27].

Рост степени диссоциации фракций ГК с увеличением pH раствора объясняется переходом

дом растворов ГК из коллоидно-ассоциатного состояния в истинный раствор, что увеличивает способность функциональных групп ГК к процессу обмена и повышает реакционную способность фрагментов ГК [25]. Согласно [5, 6, 11, 13, 27], содержание диссоциированных групп во фракциях коррелирует с содержанием кислорода в составе ГК, а величина обменной емкости максимальна для фракции ГК с максимальным содержанием кислорода О и минимальна для фракций, содержащих минимальное количество кислородсодержащих функциональных групп.

Одновременно установлено, что элементный состав фракций ГК имеет существенное различие по таким элементам их молекулярной структуры, как углерод С, водород Н, азот N, кислород О. Показано, что чем выше молекулярная масса (ММ) фракций ГК, тем больше содержат они N, H, C и, наоборот, чем меньше ММ ГК, тем больше содержание в них О, т. е. кислородсодержащих функциональных групп. С позиций потенциальной агрономической ценности как органических соединений наибольшее внимание обращают на себя высокомолекулярные ГК как носители органического N [6, 12, 27, 29], т. е. экспериментально показано, что технологии фракционирования ГК позволяют установить природу таких сложных природных полимеров, так и обосновать направления их практического использования.

Исследованиями [3, 8, 25] показано, что статическая обменная емкость (СОЕ) для фракций ГК по отношению к ионам Cu²⁺ и Ni²⁺ при pH среды ≤ 4 находится в прямой зависимости от содержания карбоксильных групп в ГК, при отсутствии образования в среде гидроксидов ионов данных поливалентных Ме, а при таких условиях значения СОЕ для ионов Cu²⁺ и Ni²⁺ практически идентичны.

Процессы комплексообразования ГК с ионами поливалентных Ме являются принципиально важными, определяющими как технологию получения гуминовых препаратов (ГП) избирательного действия, так и область их практического использования.

Исследованиями взаимодействия ионов Fe³⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Ca²⁺, Sr²⁺ и солевых форм ГК установлено, что осаждение продуктов комплексообразования солевых форм ГК с ионами поливалентных Ме зависит как от природы катиона, так и от концентрации солевых форм ГК, а структурообразование ГК начинается при достижении некоторой критической концентрации катиона в растворе. Для растворов солевых форм ГК критическая концентрация (при переходе от Fe³⁺ к Sr²⁺) увеличивается на порядок, а комплексообразующая активность ГК симбатно коррелирует с ионным потенциалом сорбируемого Ме, т. е. чем больше величина ионного потенциала металла, тем выше степень очистки раствора [3, 9, 17, 27].

Из бинарного раствора солей Fe³⁺ и Cu²⁺ ГК в первую очередь связывают Fe³⁺ и лишь в небольших количествах Cu²⁺, что обусловлено как меньшей величиной ионного потенциала Cu²⁺, так и состоянием нахождения его в растворе. В бинарных растворах Cu–Zn, Cu–Sr и Cu–Ca ГК преимущественно взаимодействуют с Cu²⁺, а концентрация Zn, Sr и Ca в растворе остается практически неизмененной.

Для очистки воды от ионов Ме принципиальным моментом является не только образование комплекса «ГК–катион», но и выведение комплексов из раствора. При малой концентрации ионов поливалентных Ме образующиеся органоминеральные водонерастворимые комплексы стабилизированы ионами Ме, либо полярными группами ГК, вследствие чего они не образуют компактных структур. И, наоборот, при концентрации ионов поливалентных Ме, эквивалентной содержанию функциональных групп в ГК (способных к формированию комплексов), наблюдается образование компактных структур с большей степенью структурной упорядоченности. Оба состояния имеют место и для гуминового комплексообразователя [3, 27].

Для оценки влияния ионной силы раствора на селективность и эффективность взаимодействия Ме с солевыми формами ГК исследована сорбция Cu²⁺ ГК в присутствии NaCl, CaCl₂, AlCl₃. Установлено, что с ростом ионной силы раствора сорбция ионов Ме солевыми формами ГК уменьшается. Причем с увеличением ионной силы среди величина сорбции Cu²⁺ снижается на 22 %, Ca²⁺ – на 52 % и Al³⁺ – на 58 %, т. е. с ростом ионного потенциала Ме в сложных растворах величина сорбции Cu²⁺ (при равной ионной силе раствора) тем меньше, чем выше ионный потенциал ионов Ме.

Таким образом, ГК как природные комплексообразователи по своей природе являются экологосовместимыми и представляют собой тот класс соединений, которые в почве, грунтах выступают как геохимический барьер, а будучи растворимыми в водной среде являются эффективными сорбентами для их очистки от ионов тяжелых Ме. На основе исследований разработаны технологические процессы производства и использования сорбентов ионов тяжелых Ме на базе ГК [19, 21].

ГВ торфа, а также ГК содержат как гидрофильные, так и липофильные фрагменты [18, 23]. Первые растворимы в полярных растворителях, вторые – в неполярных, т. е. одни растворимы в воде, другие – в углеводородных растворителях. Экспериментально показано [13, 27], что количество веществ, растворимых в хлорформе, снижается от фракций ГК, выделенных при щелочной реакции среды до кислой, т. е. структура ГК, экстрагируемых при щелочной реакции среды, обладает более липофильными

свойствами, а содержание Н в структуре ГК коррелирует с их битуминозностью (коэффициент корреляции – 0,94) [14, 27].

На основе исследований специфики липофильно-гидрофильного баланса ГК разработаны технологии производства сорбентов нефтепродуктов, неполярных углеводородов и их использования для решения задач охраны окружающей среды [27], которые прошли испытания под Новороссийском, Туровом, Гомелем при ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.

Для более обширного раскрытия возможностей ГВ торфа и других каустобиолитов выполнены исследования по обоснованию возможности использования их при производстве новых видов продукции для охраны окружающей среды, медицины, промышленности и так далее, разработаны процессы их переработки с целью получения новых материалов [10, 16, 20].

ГВ – неотъемлемый компонент почвенных систем, природных ландшафтов, т. е. их функция абсолютно важна с позиций ее понимания не только как физической субстанции, но и как регулятора переноса массы.

Перенос влаги (массы) в капиллярно-пористых материалах в общем случае представляет собой поток порового раствора по капиллярам или в виде пленочной влаги по поверхности частиц почвы под воздействием градиента движущих сил. Для перемещения в объеме материала молекула воды либо растворенного соединения должна преодолеть воздействие своих соседей, а в пределах межфазных слоев влаги – дополнительно и воздействие поверхностных сил частиц твердой фазы, т. е. равновесие в системе «поверхность частицы – поровый раствор» определяет интенсивность переноса влаги и растворенных веществ (преимущественно ионов) в почвенной системе.

Физическими методами практически невозможно изменить величину межфазного взаимодействия. Модификация почвы поверхностно-активными веществами, высокомолекулярными соединениями позволяет активно воздействовать как на заряд поверхности твердой фазы, структуру межфазных слоев влаги, так и на свойства поровой влаги в целом [15]. К числу таких модифицирующих соединений относятся и ГП. Чем больше молекулярная масса ГК, либо ее солевой формы, тем выше их эффективность как комплексообразователя, т. е. как депрессора переноса влаги, ионов в почвенных системах. Одновременно, чем больше ионный потенциал катиона, тем выше его склонность к комплексообразованию с ГК, ее солевыми формами. Натриевые формы ГК имеют максимальное значение СОЕ, т. е. как природные полимеры-комплексообразователи ГК выполняют универсальную функцию защиты природных экосистем от их загрязнения как ионами тяжелых Ме, так и водо-

растворимыми гуминовыми соединениями (ГС) [3, 4, 15, 25].

Использование ГП позволяет, естественно, существенно снизить поступление радионуклидов в растения [28, 30]. Набухающие структуры ГС, формирующиеся в почве при ее модификации ГП, увеличивают содержание в ней связанной влаги. Как результат миграционная подвижность растворенных в поровой влаге соединений снижается, а значит, уменьшается и вероятность их поступления в растения. Аналогичные процессы имеют место в органогенных почвенных системах при изменении их кислотности (рН) [15], т. е. при повышении заряда поверхности частиц. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют об особой роли ГС, поверхностных явлений в целом, влиянии их на подвижность ионов в почвенных системах.

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 Ме [3, 19, 21, 26], а также ГП – для озеленения засоленных территорий [6, 24], т. е. специфический конгломерат свойств липофильно-гидрофильной структуры ГК обеспечивает данному классу природных полимеров возможность использования их в качестве селективного сорбента неполярных углеводородов в природных средах, рекультивации территорий, загрязненных неполярными углеводородами [2, 23].

Высокая гидрофильность ГВ природных каустобиолитов открывает практически неограниченные возможности разработки на их основе ионообменных мелиоративных материалов для рекультивации территорий, нарушенных хозяйственной деятельностью человека и, прежде всего, деградированных территорий и загрязненных тяжелыми Ме, радионуклидами.

На основе вышеприведенных исследований разработано и организовано производство в РБ более 20 новых материалов для охраны окружающей среды: сорбентов ионов тяжелых Ме [19] и нефтепродуктов [23]; гуминовых мелиорантов почв, загрязненных тяжелыми Ме (радионуклидами) [21]; гуминовых мелиорантов песчаных почв, а также территорий, нарушенных хозяйственной деятельностью человека; мелиорантов засоленных почв с целью их зеленого обустройства [24]; ГП для решения задач охраны окружающей среды на основе ГВ природных каустобиолитов, либо их агломерированных композиций, модифицированных солевыми формами ГК и др. [2, 24].

Среди перечисленных материалов наибольшую экономическую отдачу в настоящее время обеспечивают мелиоративные виды продукции, востребованные в странах арабского региона, и имеющие устойчивые перспективы к

обеспечению сбыта производимой продукции. В связи с чем, начиная с 2002 г. в такие страны, как Объединенные Арабские Эмираты, Королевство Бахрейн, Катар, Королевство Саудовской Аравии, Иорданию и др., были поставлены установочные и коммерческие партии мелиоративных продуктов с целью их регистрации, сертификации в данных странах с последующим использованием для решения задач озеленения. Производство экспортноориентированной продукции организовано в РБ на сырьевой и производственной базе ОАО «Торфобрикетный завод Житковичский»; СООО «ЭридГроу Продакшн»; ОДО «Завод новых продуктов» для использования их с позиций озеленения, охраны окружающей среды.

Экспорт продукции производства РБ (в том числе и научкоемкой) является абсолютно необходимым условием как для обеспечения здорового функционирования экономики страны, так и для ее высокого имиджа среди стран мирового сообщества. С позиций же задач национальной науки делом чести является всемерная иммобилизация интеллектуального потенциала в направлении создания новых материалов и технологий охраны окружающей среды, востребованных не только внутри республики, но и среди других стран. Именно эти задачи являются первоочередными при обосновании задач использования гуминового сырья и направлений его переработки для повышения экспортного потенциала страны, обеспечения экологического благосостояния РБ.

Литература

1. **Абрамец, А. М.** Массоперенос в природных дисперсных системах / А. М. Абрамец, И. И. Лиштван, Н. В. Чураев. Минск, 1992.
2. **Завод** новых продуктов [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.znp-sorbent.com>. Дата доступа : 04.09.2012.
3. **Лиштван, И. И.** Взаимодействие гуминовых кислот с ионами металлов и структура металлгуминовых комплексов / И. И. Лиштван [и др.] // Вестн. БГУ. Сер. 2. Химия, биология, география. 2012. № 2. С. 12–16.
4. **Лиштван, И. И.** Гуминовые кислоты и процессы трансформации структуры, водных свойств торфа, торфяных почв при их сушке – увлажнении / И. И. Лиштван [и др.] // Природопользование. Минск 2010. Вып. 17. С. 188–193.
5. **Лиштван, И. И.** Гуминовые кислоты каустобиолитов как основа новых материалов для охраны окружающей среды и «зеленого» строительства / И. И. Лиштван [и др.] // Химия в интересах устойчивого развития. 2009. Т. 17. С. 275–281.
6. **Лиштван, И. И.** Гуминовые кислоты. Спектральный анализ и структура фракций / И. И. Лиштван [и др.]. // Вестн. БГУ. Сер. 2 Химия, биология, география. 2012. № 1. С. 18–23.
7. **Лиштван, И. И.** Гуминовые кислоты торфа и препараты на их основе / И. И. Лиштван [и др.] // Природопользование. Минск, 2004. Вып. 10. С. 114–118.
8. **Лиштван, И. И.** Гуминовые препараты. Взаимодействие с ионами металлов и процессы переноса в почве / И. И. Лиштван [и др.]. // Природопользование. Минск, 2003. Вып. 9. С. 151–154.
9. **Лиштван, И. И.** Гуминовые препараты как экологобезопасные продукты для охраны окружающей среды / И. И. Лиштван [и др.]. // Природопользование. Минск, 2011. Вып. 19. С. 151–158.
10. **Лиштван, И. И.** Лигногуминовые кислоты: получение и свойства / И. И. Лиштван [и др.] // Вестн. БГУ. Сер. 2.Химия, биология, география. 2012. № 2. С. 3–7.
11. **Лиштван, И. И.** Полифракционность и физико-химические свойства фракций гуминовых кислот / И. И. Лиштван [и др.]. // Весці. НАН Беларусі. Сер. хім. навук. 2011. № 4. С. 89–94.
12. **Лиштван, И. И.** Спектральные исследования фракций гуминовых кислот / И. И. Лиштван [и др.] // Химия твердого топлива. 2006. № 4. С. 3–11.
13. **Лиштван, И. И.** Структура фракций гуминовых кислот торфа / И. И. Лиштван [и др.] // Весці. НАН Беларусі. Сер. хім. навук. 2005. № 1. С. 108–113.
14. **Лиштван, И. И.** Трансформация систем полисопряжения гуминовых кислот в процессе метаморфизма каустобиолитов / И. И. Лиштван [и др.] // Химия твердого топлива. 2012. № 3. С.14–19.
15. **Лиштван, И. И.** Физико-химическая механика гуминовых веществ / И. И. Лиштван, Н. Н. Круглицкий, В. Ю. Третинник. Минск, 1976.
16. **Лиштван, И. И.** Физико-химические свойства лигногуминовых кислот и их солевых форм / И. И. Лиштван [и др.] // Химия в интересах устойчивого развития. 2009. № 17. С. 1–6.
17. **Лиштван, И. И.** Фракционирование гуминовых кислот как метод получения стандартизованных гуминовых материалов / И. И. Лиштван [и др.] // Вестн..БГУ. Сер. 2 Химия, биология, география. 2012. № 2. С. 7–11.
18. **Орлов, Д. С.** Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. М., 1990.
19. **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.
20. **Способ** получения лигногуминовых кислот : пат. 15960 Респ. Беларусь / И. И. Лиштван [и др.] // Афіцыйны бюл. Нац.цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2012. № 3. С.133.

21. Способ получения композиционного гранулированного гуминового сорбента тяжелых металлов на минеральном носителе : пат. 10647 Респ. Беларусь / Ю. Г. Янuta [и др.] // Афіцыйны блул. Нац.цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2008. № 3. С. 74.
22. Способ получения фракций гуминовых кислот : пат. 14632 Респ. Беларусь / И. И. Лиштван [и др.] // Афіцыйны блул. Нац.цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2011. № 4. С. 105.
23. Способ рекультивации почв, загрязненных нефтью и нефтесодержащими продуктами : пат. 2978 Респ. Беларусь / А. М. Абрамец [и др.] // Афіцыйны блул. Нац.цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 1999. Вып. 3. С. 100.
24. ЭридГроу Технология озеленения пустынь [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.aridgrow.by>. Дата доступа : 04.09.2012.
25. Янuta, Ю. Г. Взаимодействие гуминовых кислот с ионами тяжелых металлов и особенности образования металлгуминовых комплексов / Ю. Г. Янuta // Весці. НАН Беларусі. Сер. хім. наукаў. 2006. Вып. 5. С. 110–113.
26. Янuta, Ю. Г. Подвижность ионов железа в гуминовых соединениях бурого угля / Ю. Г. Янuta // Приложение к журналу Весці. НАН Беларусі. Сер. хім. наукаў. Ч. 1. 2011. С. 65–68.
27. Янuta, Ю. Г. Получение и регулирование свойств сорбционных материалов на основе гуминовых веществ торфа : Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ю. Г. Янuta. Минск, 2006.
28. Lishtvan, I. I. Humic acids as depressors of radionuclides (heavy metals) accumulation by plants / I. I. Lishtvan [et al.] // 1st International nuclear chemistry congress : abstract. Kusadasi, 2005. P. 163.
29. Lishtvan, I. I. Humic preparations as universal natural regulators of structure, water properties, fertility of soil systems / I. I. Lishtvan [et al.] // Physical, chemical and biological processes in soils. Poznan, 2010. P. 333–345.
30. Lishtvan, I. I. Processes of transfer and mechanisms controlling radionuclides (heavy metals) mobility in soils / I. I. Lishtvan [et al.] // The 2nd International Conference on Radioactivity in the Environment : abstract. Oslo, 2005. P. 204.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 12.09.2012 г.

**И. И. Лиштван, А. М. Абрамец, Ю. Г. Янута,
Г. С. Монич, Н. С. Першай, В. Н. Алейникова**

ГУМИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА ТОРФА: ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Представлен обзор результатов (анализа) публикаций по изучению физико-химических свойств гуминовых веществ торфа, выполненных в лаборатории физико-химической механики природных дисперсных систем Института природопользования НАН Беларуси за последние 15 лет. Аргументированы принципы использования гуминовых препаратов для окультуривания территорий, нарушенных хозяйственной деятельностью человека. Обоснованы перспективные направления (технологии) получения новых видов продукции как в настоящее время, так и в будущем для охраны окружающей среды.

**I. I. Lishtvan, A. M. Abramets, Y. G. Yanuta,
G. S. Monich, N. S. Pershay, V. N. Aleynikova**

PEAT HUMIC SUBSTANCES: PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES AND APPLICATION PROSPECTS

The review of results (analysis) of publications on physical and chemical properties of humic peat substances study done in the laboratory of physical and chemical mechanics of natural disperse systems of the Institute for Nature Management NAS of Belarus for the last 15 years is presented. The principles of use of humic preparations for culturing territories, disturbed by economic activities of man are proved. Perspective directions (technologies) of new produce kinds manufacture both at present and in the future to protect the environment are substantiated.

**Г. П. Бровка, К. А. Агутин, А. Г. Бровка, И. Н. Дорожок, С. Н. Иванов,
К. В. Пяткевич, И. И. Романенко**

МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА, ФОРМИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В ПРИРОДНЫХ ДИСПЕРСНЫХ СРЕДАХ

Представлен обзор разработанных в лаборатории физико-химической механики природных дисперсных систем новых методов лабораторного исследования и компьютерного моделирования процессов переноса тепла, влаги, водорастворимых соединений и формирования напряженно-деформированного состояния в природных дисперсных средах.

В природных дисперсных средах, таких как почвы, грунты, горные породы в естественных условиях, в условиях антропогенного воздействия, а также при взаимодействии с инженерными сооружениями протекает ряд сложных процессов переноса тепла, влаги, водорастворимых соединений и формирования напряженно-деформированного состояния. Для рационального использования природных ресурсов, охраны окружающей среды и повышения устойчивости инженерных сооружений, взаимодействующих с природными дисперсными средами, необходимо развивать методы лабораторного исследования и компьютерного моделирования указанных процессов.

В этом направлении за последние десятилетия группой сотрудников лаборатории физико-химической механики природных дисперсных систем выполнен ряд проектов по фундаментально-ориентированным проблемам, БРФФИ, ГНТП и прямым договорам, в которых решались задачи по лабораторным исследованиям и компьютерному моделированию взаимосвязанных процессов переноса тепла, влаги, водорастворимых соединений и формирования напряженно-деформированного состояния в природных средах.

В результате выполненных исследований создан комплекс приборов и методик для исследования теплофизических и деформационно-прочностных характеристик природных дисперсных сред при положительных и отрицательных температурах, а также характеристик конвективно-диффузационного переноса водорастворимых соединений. Ниже приводится краткое описание приборов, входящих в этот комплекс.

Калориметрическая установка. Калориметрическая установка предназначена для определения удельной теплоемкости грунтов, почв и горных пород при положительных и отрицательных температурах, зависимости количества незамерзшей воды в циклах промерзания и оттаивания от температуры, а также определения теплот смачивания грунтов и почв. Установка может также использоваться для измерения с высокой точностью температуры начала замерзания воды в почвах, грунтах и растворах. Некоторые модификации установки выполнены с возможностью проведения исследований при повышенном гидростатическом давлении газов (до 10 МПа). Регистрация и регулирование температурного режима калориметра, обработка данных проводятся в автоматическом режиме с использованием компьютерных средств (рис. 1).

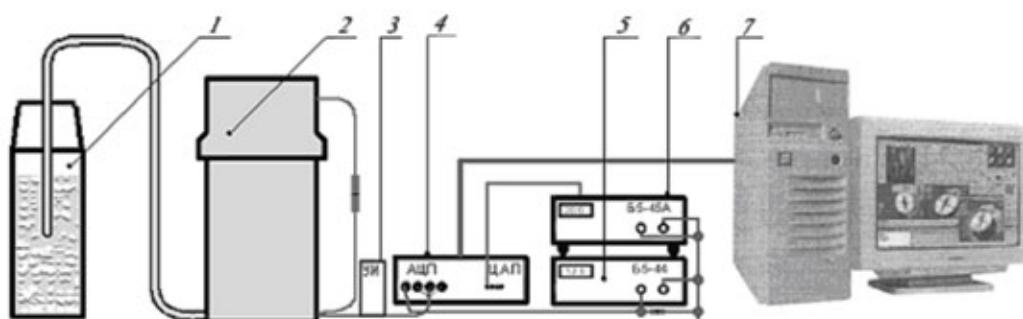


Рис. 1. Схема калориметрической установки:

**1 – ноль-термостат; 2 – калориметр; 3 – блок усилителей постоянного тока;
4 – блок АЦП и ЦАП; 5 – источник питания калориметра; 6 – источник питания
охранного стакана; 7 – системный блок компьютера**

Технические характеристики калориметра

Диаметр калориметрического стакана, мм	20
Высота калориметрического стакана, мм	100
Масса калориметрируемого образца, г	20–50
Температурный режим, °С	От -40 до +60
Точность измерения температуры, °С	±0,02
Относительная погрешность определения теплот фазового перехода, %	±1

Для исследования фазового состава воды при повышенном давлении разработана модификация конструкции калориметра (рис. 2). Основные отличия конструкции заключаются в герметичном соединении калориметрического стакана с помощью тонкой стальной трубы с системой высокого давления азота. Для устранения теплообмена калориметрического стакана через трубку подачи давления с корпусом калориметра, в крышке калориметра предусмотрен охранный блок крышки. В этом блоке с помощью датчика разности температуры и охрannого нагревателя поддерживается с точностью 0,01 °С температу-

ра равная температуре основного охранного стакана. Таким образом удается устранить неконтролируемые тепловые утечки из рабочей камеры калориметра. Основными элементами его являются корпус калориметра 1 и крышка 2, калориметрический стакан 3, охранный стакан 4, датчик температуры калориметра 5, датчик разности температур 6, основной охранный нагреватель 7, охранный блок крышки 8, охранный нагреватель крышки 9, датчик разности температур крышки 10, трубка подачи давления 11, заглушка с уплотняющей втулкой 12.

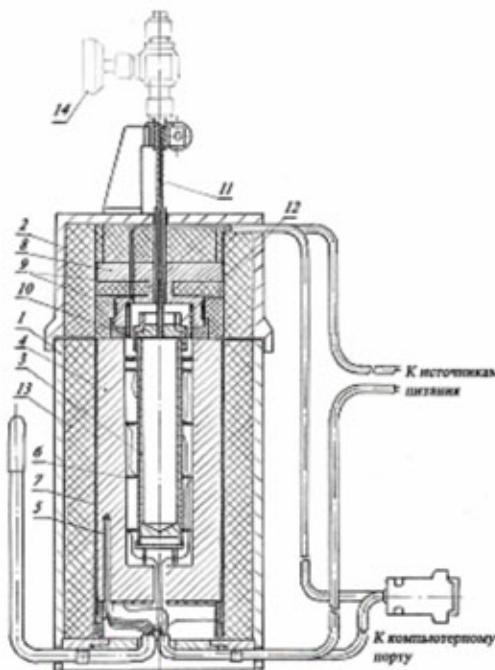


Рис. 2. Схема и фотография калориметра-барокамеры:

1 – корпус калориметра; 2 – крышка калориметра; 3 – стакан калориметрический; 4 – стакан охранный; 5 – датчик температуры калориметра; 6 – датчик разности температур; 7 – основной охранный нагреватель; 8 – охранный блок крышки; 9 – охранный нагреватель крышки; 10 – датчик разности температур крышки; 11 – трубка подачи давления; 12 – заглушка с уплотняющей втулкой; 13 – теплоизоляция; 14 – вентиль

Устройство для определения коэффициентов теплопроводности грунтов. Устройство предназначено для определения коэффициентов теплопроводности почв, грунтов и горных пород методом стационарного теплового режима в талом и мерзлом состояниях (рис. 3). Регистрация и регулирование температурного режима, обработка данных могут проводиться в автоматиче-

ском режиме с использованием компьютерных средств.

Для исследования коэффициента теплопроводности горных пород при повышенном давлении разработано специальное устройство. Оно представляет собой цилиндрическую барокамеру, образованную двумя коаксиальными цилиндрами из металла. Подробное описание этого устройства приведено в работе [1].

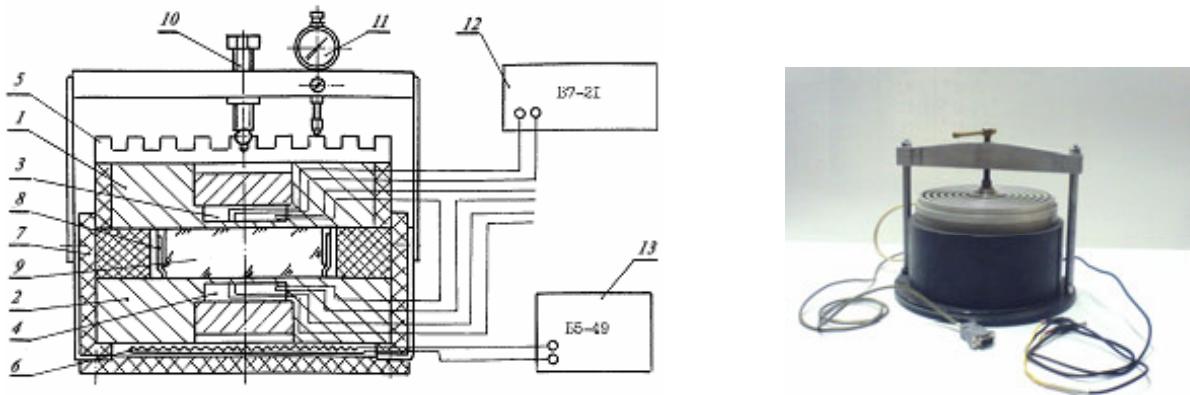


Рис. 3. Схема устройства для определения коэффициентов теплопроводности грунтов:
1, 2 – теплообменники; 3, 4 – датчики теплового потока; 5 – радиатор; 6 – нагревательный элемент;
7 – теплоизоляция; 8 – кассета; 9 – образец исследуемого грунта; 10 – прижимной винт;
11 – индикатор часового типа; 12 – вольтметр цифровой; 13 – источник постоянного тока

Технические характеристики устройства

Диаметр исследуемых образцов, мм	80 – 120
Высота исследуемых образцов, мм	20 – 45
Напряжение питания нагревателя, В	до 36
Сопротивление нагревателя, Ом	80 – 120
Чувствительность датчиков теплового потока, $\mu\text{В}/(\text{Вт}/\text{м}^2)$	0,5 – 2
Чувствительность датчиков температуры, $\mu\text{В}/^\circ\text{C}$	180 – 200
Диапазон температур, $^\circ\text{C}$	-30 – +40
Диапазон определяемых коэффициентов, $\text{Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$	0,10 – 3,0
Погрешность определения коэффициента теплопроводности, %	± 6

Устройство для определения температур начала замерзания растворов и воды в дисперсных материалах. Устройство (рис. 4) предназначено для определения температур начала замерзания растворов и воды в почвах, грунтах и горных породах. Особенность данного устройст-

ва заключается в том, что оно позволяет проводить процесс с минимальным переохлаждением воды за счет наличия инициаторов кристаллизации. Этим самым повышается точность определения температуры начала замерзания воды.

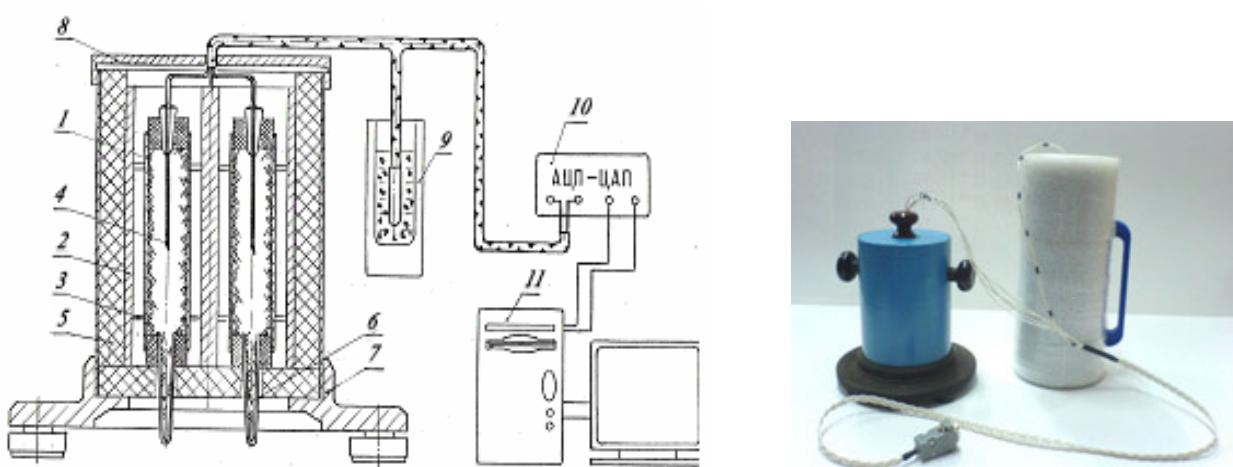


Рис. 4. Схема и фотография устройства для определения температур начала замерзания растворов и воды в дисперсных материалах:
1 – гильза с образцом; 2 – корпус; 3 – кольцо дистанционное; 4 – датчик температуры;
5 – теплоизоляция; 6 – инициатор кристаллизации; 7 – основание; 8 – крышка;
9 – ноль-термостат; 10 – блок АЦП – ЦАП; 11 – компьютер

Технические характеристики устройства для определения температуры начала замерзания воды в грунтах и растворах

Диаметр образца, мм	15
Высота образца, мм	80
Точность определения температуры начала замерзания, °С	+0,03
Чувствительность датчиков температуры, мкВ/°С	36–40
Масса установки, кг	Не более 2
Количество одновременно исследуемых образцов, шт.	4

Устройство для определения степени пучинистости грунтов. Устройство для определения степени пучинистости грунтов разработано в соответствии с требованиями ГОСТ 28622-90. В то же время разработанное устройство в конкретном исполнении имеет ряд особенностей, расширяющих его функциональные возможности, и более строгий контроль режима проведения опытов по определению степени пучинистости грунтов. Это выражается, прежде всего, в наличии охранной тепловой оболочки, уменьшающей боковой теплообмен, и возможности контроля распределения температуры по высоте образца.

Основными элементами устройства (рис. 5) являются теплообменники 3 и 4 с нагревательными элементами, между которыми в разъемной обойме располагается исследуемый образец грунта 1. С каждым теплообменником жестко скреплен тепловой экран из стальной трубы. Тепловые экраны верхнего и нижнего теплообменников с минимальным зазором заходят друг в друга. В центральных частях экранов расположены проволочные нагреватели. Для контроля температуры теплообменников и верхней части экрана в соответствующие точки помещены спая медь-константановых термопар. На уровне расположения спая термопары верхнего экрана (35 мм от поверхности теплообменника) между экраном и обоймой расположен датчик разности температур в виде батареи медь-константановых термопар. Система указанных нагревателей и датчиков температуры позволяет вести контроль и регулирование температурного режима промораживания образца. При этом используется четырехканальный компьютерный порт В-381 и управляемые аналоговыми сигналами источники питания типа Б5-45А или аналогичные.

Нижняя часть образца контактирует с кюветой, заполненной влажным песком 12, постоянная влажность которого обеспечивается системой водоподпитки 9. Система водоподпитки представляет собой закрытую керамическую трубку гидравлически связанный с горизонтально расположенной бюреткой, заполненной водой.

Нижняя часть образца контактирует с кюветой, заполненной влажным песком 12, постоянная влажность которого обеспечивается системой водоподпитки 9. Система водоподпитки представляет собой закрытую керамическую трубку гидравлически связанный с горизонтально расположенной бюреткой, заполненной водой.

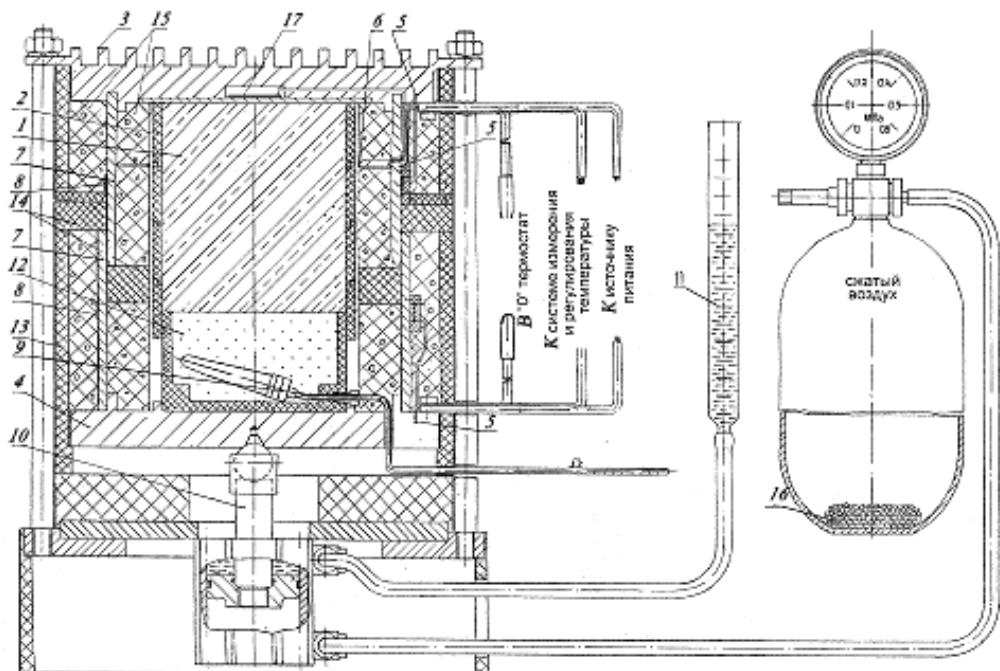


Рис. 5. Устройство для определения степени пучинистости грунтов:

- 1 – образец грунта;
- 2 – обойма разъемная;
- 3 – теплообменник верхний с нагревателем;
- 4 – теплообменник нижний с нагревателем;
- 5 – датчики температуры;
- 6 – датчик разности температуры;
- 7 – тепловые экраны;
- 8 – нагреватели тепловых экранов;
- 9 – система водоподпитки образца;
- 10 – механизм нагружения образца;
- 11 – система измерения перемещений;
- 12 – кюветы с песком;
- 13 – кожух теплоизоляционный;
- 14 – теплоизоляция деформирующаяся;
- 15 – пена монтажная;
- 16 – баллон со сжатым воздухом и осушителем воздуха;
- 17 – датчик теплового потока

Вертикальное нагружение образца осуществляется с помощью пневматического пресса, созданного на базе пневмоцилиндра и баллона со сжатым воздухом. Пневмоцилиндр располагается под нижним теплообменником и шток пневмоцилиндра через шаровое соединение упирается в его центр. Данная система обеспечивает постоянную уплотняющую нагрузку образца от 0,02 до 0,15 МПа в зависимости от давления воздуха в баллоне, измеряемого с помощью манометра. С учетом соотношения диаметров пневмоцилиндра и образца коэффициент передачи уплотняющего давления составляет 0,25, т. е. при давлении воздуха в баллоне 0,2 МПа нагрузка на образец будет составлять 0,05 МПа.

Для управления температурным режимом проведения опыта в программируемой среде *Delphi* разработана специальная программа «*Rebound*». Параметры температурного режима вводятся в окна ввода данных, обозначенных соответственно регулируемым объектам «Верхний теплообменник», «Нижний теплообменник», «Вентилятор» и «Канал 4 (градиент)». Следует пояснить, что последнее окно соответствует разности температур в слое теплоизоляции на уровне контрольной точки, расположенной на расстоянии 35 мм от охлаждаемой поверхности.

Устройство для исследования реологических свойств пород и испытаний на длительную прочность методом одноосного сжатия. Для определения деформационно-прочностных характеристик методом одноосного сжатия использовано нагрузочное устройство, обеспечивающее постоянную нагрузку на образец породы (до 50 кН) в течение длительного времени. Устройство позволяет проводить исследования реологических свойств пород и определять их длительную прочность.

Схема устройства приведена на рис. 6. Малогабаритный (что имеет важное значение при ограниченных размерах морозильных камер) винтовой пресс 1 позволяет нагружать образцы 2 исследуемых пород вертикальной нагрузкой устанавливаемой по образцовому динамометру 3. Продольные деформации образца измеряются двумя индикаторами 4 часового типа, а поперечные тремя индикаторами 5, закрепленными в специальном держателе под углом 120° по отношению друг к другу. Особенностью данного пресса является пружинный демпфер 6, который позволяет на протяжении определенного времени компенсировать расслабление нагрузки на образец в процессе релаксации напряжений в образцах пород за счет продольной деформации.

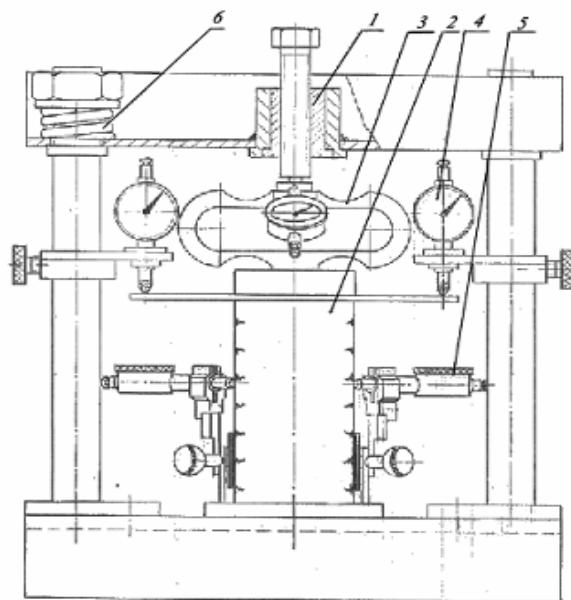


Рис. 6. Схема устройства для исследования реологических свойств пород и испытаний на длительную прочность методом одноосного сжатия:

1 – пресс винтовой; 2 – динамометр образцовый сжатия; 3 – образец породы; 4 – индикатор продольных деформаций; 5 – индикатор поперечных деформаций; 6 – демпфер пружинный

Технические характеристики устройства

Диаметр испытываемого образца, мм	До 120
Высота образца, мм	До 200
Усилие винтового домкрата макс., кН	До 50
Габаритные размеры, мм	400x250x500
Масса, кг	25

Устройство для испытания на сдвиг грунтов при повышенных статических нагрузках. Для экспериментального определения сдвиговых характеристик мерзлых грунтов ранее предложено устройство, в котором исключено трение между подвижной и неподвижной обоймами, а сдвиг образца осуществляется по двум параллельным сечениям, что повышает точность испытаний. Новизна данного технического решения в свое время была защищена авторским свидетельством [3]. Это решение позволяет конструировать компактные приборы для испытания на сдвиг мерзлых грунтов и льда, а также пород высокой прочности с применением различных сдвигающих механизмов: гидропрессов, пневмо-камер, рычагов.

Эксплуатация данного устройства показала, что при испытании уплотненных глинистых пород, при нормальных нагрузках выше 1 МПа вследствие большой силы трения грунта о стенки обойм часть нормальной нагрузки передается на подвижную обойму. Это может вызывать погрешность в определении угла внутреннего трения. Для устранения указанной погрешности предложено усовершенствовать конструкцию

нагрузочного устройства в приборе двухплоскостного среза.

Новая конструкция прибора двухплоскостного среза с усовершенствованным механизмом нагружения показана на рис. 7. В данной конструкции осевое нагружение образца осуществляется с помощью механизма 4, выполненного в виде плавающего суппорта, что позволяет свести к минимуму силу трения между обоймами. Нажимные диски 7, скрепленные пальцами диаметром 25 мм, свободно перемещающимися вдоль оси образца в отверстиях опорных дисков, обеспечивают абсолютно симметричное приложение осевой нагрузки с обеих сторон образца. Нормальная нагрузка на образец прикладывается через штампы 8 с торцов неподвижных обойм с помощью винтового домкрата, предварительно прорицанным динамометрическим ключом.

Приведенное выше оборудование позволяет проводить испытания в условиях сдвига грунтов при нормальном усилии до 50 кН, что обеспечивает нормальную нагрузку на грунт до 12 МПа. Это позволяет проводить испытания грунтов на сдвиг при уплотняющих нагрузках, соответствующих значениям горного давления на глубинах до 600 м.

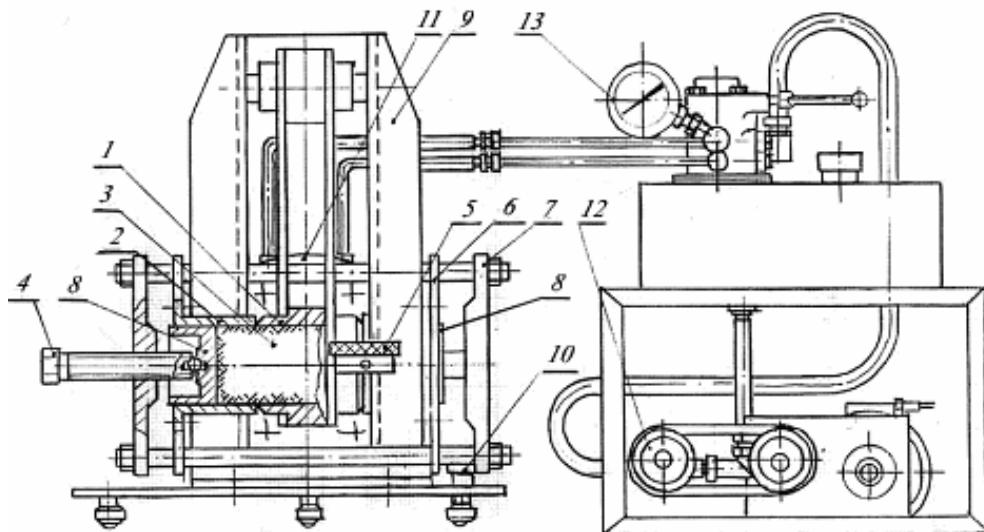


Рис. 7. Схема установки для определения сопротивлению сдвигу мерзлых грунтов и льда с усовершенствованным механизмом осевого нагружения:

1 – обойма подвижная; 2 – обойма неподвижная; 3 – образец исследуемого грунта; 4 – механизм осевого нагружения; 5 – индикатор часового типа; 6 – диск опорный; 7 – диск нажимной; 8 – штампы; 9 – рама; 10 – уровень; 11 – гидроцилиндр; 12 – агрегат насосный; 13 – манометр образцовый

Технические характеристики устройства

Диаметр испытываемого образца, мм	50,5
Высота образца, мм	150–160
Нормальное усилие, максимальное, кН	12
Сдвигающее усилие, ограниченное прочностью конструкции, кН	60
Регулируемый зазор между подвижной и неподвижной обоймами, мм	0,1–1,0
Габаритные размеры, мм	375x465x400
Масса без гидроцилиндра, кг	25

Разработанный комплекс приборов позволяет проводить исследования теплофизических и деформационно-прочностных характеристик почв, грунтов и горных пород при положительных и отрицательных температурах, а также в условиях повышенных статических нагрузок. С помощью указанного комплекса определены теплофизические и деформационно-прочностные характеристики горных пород из участков проходки шахтных стволов четырех калийных рудников, необходимые для обоснования специальных методов проходки с использованием искусственного замораживания. В настоящее время проводятся аналогичные исследования горных пород, отобранных из Нежинского и Петриковского участков месторождений калийных солей.

Для определения характеристик массообмена и переноса сорбируемых водорастворимых соединений разработан комплекс устройств и методик, позволяющий исследовать коэффициенты распределения, массообмена и диффузии этих соединений в почвах и грунтах, необходимых при прогнозе распространения минеральных техногенных загрязнений в природных комплексах. В последнее время отработана методика экспериментального определения характеристик конвективного переноса сорбируемых водорастворимых соединений. Данная методика основана на асимптотическом решении задачи конвективного переноса сорбируемого мигранта через почвенную колонку. Суть методики заключается в том, что периодически фиксируя концентрацию водорастворимого соединения на выходе из почвенной колонки C_{1n} в моменты времени τ_n , соответствующие прохождению определенного объема, можно получить не только зависимость концентрации водорастворимого соединения на выходе из колонки от времени, но и рассчитать распределение водорастворимого соединения по глубине колонки на момент времени появления средней концентрации на выходе из колонки $\tau_{0,5}$. При линейной изотерме сорбции и постоянстве коэффициента массообмена α , а также корректном проведении опыта полученное распределение будет представлять собой кривую с точкой перегиба в области средней концентрации и антисимметричными участками относительного указанной точки, т. е. будет получена типичная кривая фильтрационного рассеивания водорастворимого соединения.

Координаты X_n , соответствующие концентрациям C_{1n} , рассчитывают по формуле

$$X_n = L + (L - 0,5\Delta\xi - U\tau_n) \sqrt{\frac{\tau_{0,5}}{\tau_n}}, \quad (1)$$

где τ – время, с; D_d – коэффициент гидродисперсии водорастворимого соединения, $\text{m}^2/\text{с}$;

L – длина почвенной колонки, м; $\Delta\xi$ – смещение положений фронтов средних концентраций водорастворимого соединения в жидкой и твердой фазах, м; $U = L/\tau_{0,5}$ – скорость продвижения средней концентрации, м/с.

Полученную зависимость аппроксимируют с помощью функции

$$C_{1n}(X, \tau_{0,5}) = 0,5 \cdot (C_{\text{вх}} - C_0) \cdot \text{erf}\left(\frac{X_n - L}{\sqrt{D_d \cdot \tau_{0,5}}}\right), \quad (2)$$

где $C_{\text{вх}}$ – концентрация раствора, входящего в среду, кг/кг; C_0 – исходная концентрация раствора в среде, кг/кг. Для этого подбирают значения D_d с таким расчетом, чтобы полученная функция с минимальным отклонением описывала кривую, построенную на основании экспериментальных данных. Значение D_d , соответствующее минимальному различию между сравниваемыми кривыми, и будет приписано искомому коэффициенту гидродисперсии водорастворимого соединения.

Для дальнейшей обработки экспериментально полученных данных необходимо определить коэффициент распределения K_d . Это можно сделать, определив концентрацию водорастворимого соединения в материале на выходе почвенной колонки, где к концу опыта произошло полное насыщение твердой фазы сорбируемым водорастворимым соединением, и выполнив расчет по формуле

$$K_d = \frac{C_{\text{об}} \cdot (1 + W) - C_{1\text{вх}} \cdot W}{C_{\text{об}}}, \quad (3)$$

где $C_{1\text{вх}}$ – исходная концентрация раствора, по- даваемого на входе колонки, $C_{\text{об}}$ – общая концентрация водорастворимого соединения в материале, включая жидкую и твердую фазы, в начале колонки; W – влагосодержание материала в колонке, кг/кг.

Далее, используя полученные значения D_d и K_d , а также линейную скорость фильтрационного потока V и влагосодержание материала, рассчитывают α по формуле

$$\alpha = \frac{V^2}{D_d} \frac{K_d^2 W^2}{(K_d + W)^3}. \quad (4)$$

Для реализации разработанного способа исследования параметров гидродисперсии сорбируемых водорастворимых соединений в почвогрунтах создана лабораторная установка, которая достаточно подробно описана в работе [2].

Реализация экспериментальных исследований характеристик тепло- и массопереноса и деформационно-прочностных характеристик, как

правило, осуществляется путем оценки и прогноза температурно-влажностного режимов и напряженно-деформированного состояния исследуемых объектов. С учетом сложности решаемых задач для этого необходимо использовать современные компьютерные средства. Ниже приводится краткое описание разработанных в последнее десятилетие прикладных компьютерных программ.

Прикладная программа для компьютерного моделирования процессов тепло- и массопереноса в слое грунта, контактирующего с газопро-

водом. Разработанная программа (рис. 8) позволяет рассчитать динамику температурно-влажностного поля, концентрации водорастворимых соединений и кислорода, контактирующего с газопроводом, изменение средней температуры газа по длине газопровода в различные сезоны года в зависимости от метеорологических и гидрогеологических условий, а также технических характеристик газопровода (диаметра газопровода, физических свойств защитной оболочки, температуры и расхода транспортируемого газа).

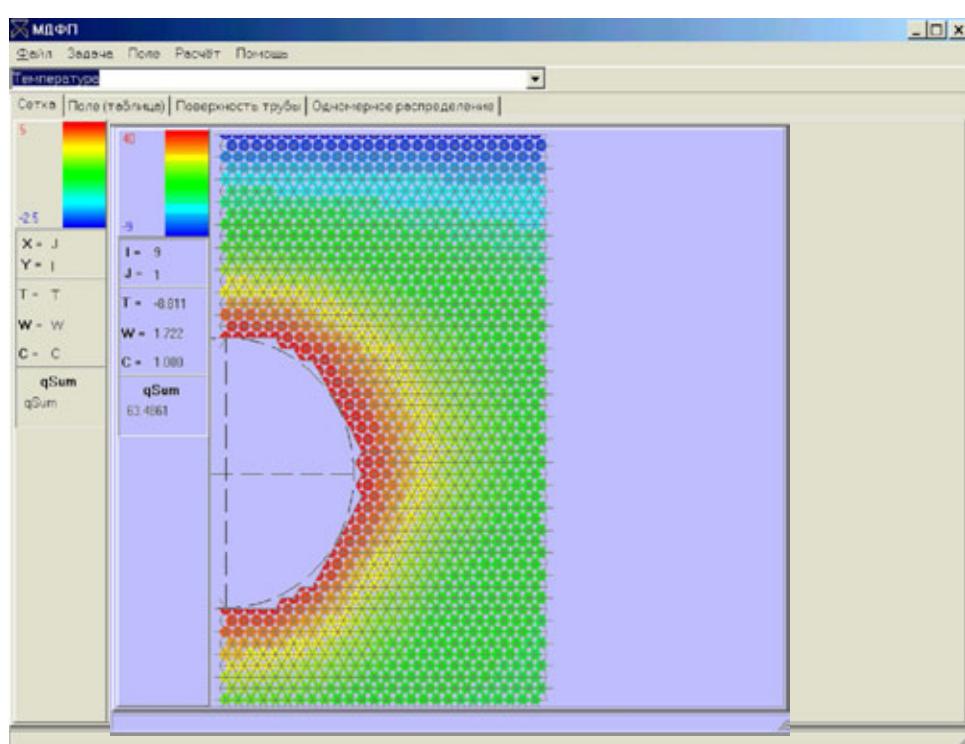


Рис. 8. Интерфейс программы с выведенной графической информацией

Прикладная программа для расчета процессов искусственного замораживания грунтов на участке заложения шахтных стволов в сложных гидрогеологических условиях. Программа (рис. 9) позволяет рассчитывать и визуализировать двумерные процессы промерзания и оттаивания грунтов при замораживании их вертикальными трубчатыми теплообменниками, распределенными в расчетной области в произвольно заданном порядке. При этом условия на теплообменниках могут соответствовать граничным условиям I, II или III рода. Наряду с расчетом температурного поля рассчитываются и выводятся на монитор тепловые потоки, интегрированные по скважинам, и интегральное количество теплоты с начала момента заморозки на 1 погонный метр теплообменников.

Прикладная программа для численного интегрирования одномерного уравнения теплопроводности при зависимости теплофизических характеристик от температуры и наличии фазовых переходов. Программа (рис. 10) позволяет получать автомодельное решение для одномерного нелинейного уравнения теплопроводности в полуограниченной среде с однородными начальными условиями и постоянной температурой на термостатируемой поверхности, а также при наличии фазовых переходов в точке или диапазоне температур. Может использоваться для решения многофронтовой задачи типа Стефана. Основное назначение программы – получение эталонных решений для тестирования численных методов расчета температурных полей с явно выраженной нелинейностью зависимости теплофизических характеристик от температуры.

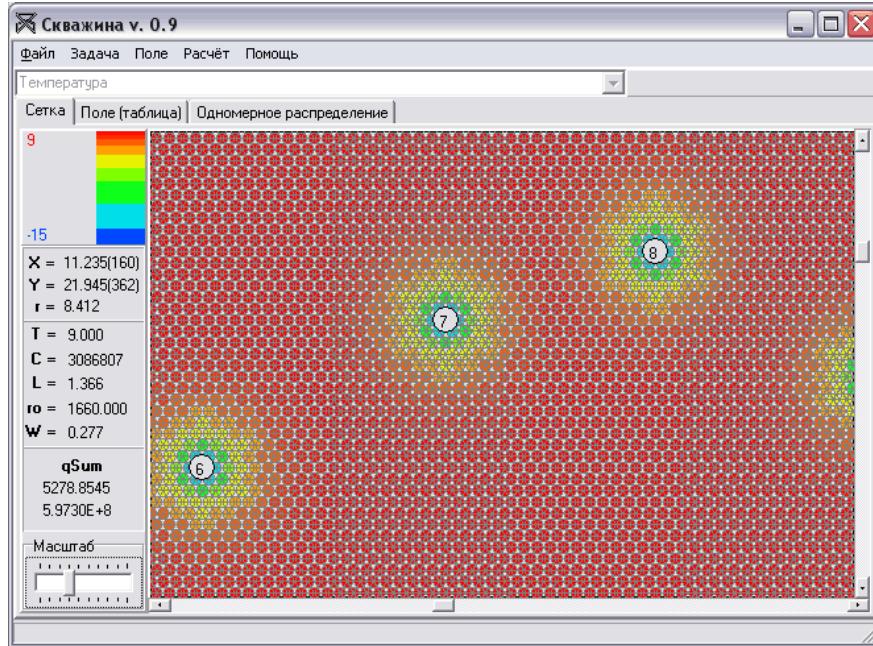


Рис. 9. Пользовательский интерфейс с выводом двумерного распределения температуры вокруг цилиндрических теплообменников в виде цветовой гаммы

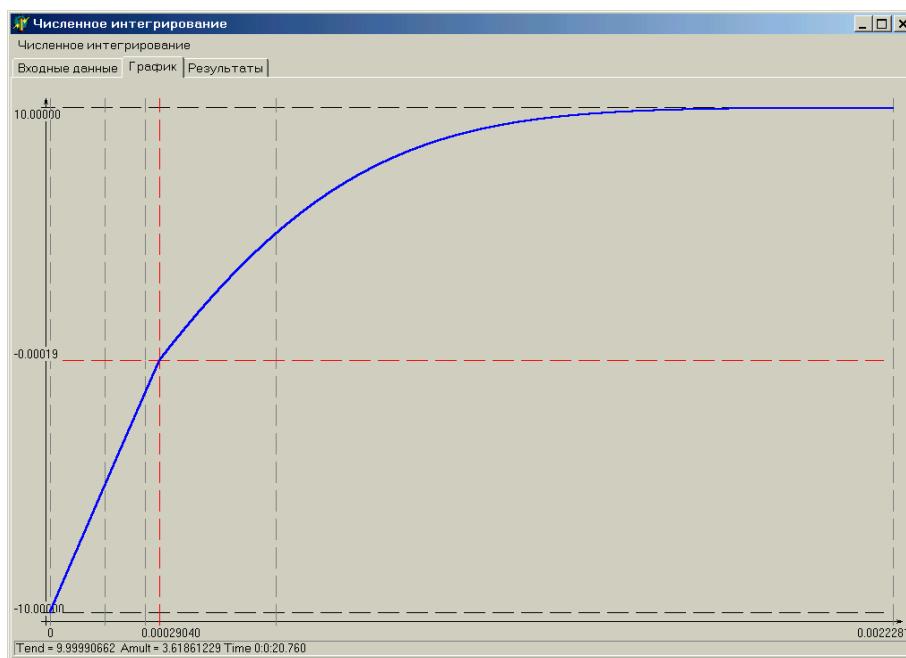


Рис. 10. Выходная графическая информация

Прикладная программа для расчета взаимосвязанных процессов тепло- и массопереноса и криогенного пучения в засоленных грунтах. Данная компьютерная программа (рис. 11) позволяет моделировать взаимосвязанные процессы тепло- и массопереноса и криогенного пучения в засоленных грунтах. Результатом расчета являются пространственные распределения температуры, общего влагосодержания, количества незамерзшей воды, концентрации солей,

гидростатического давления и плотности скелета породы в любой заданный момент времени. Расчетные данные выводятся на монитор в виде табличной и графической информации, а также периодически заносятся в соответствующие файлы данных. Программа может использоваться для расчета процессов криогенного пучения и переноса водорастворимых соединений в мерзлых породах.

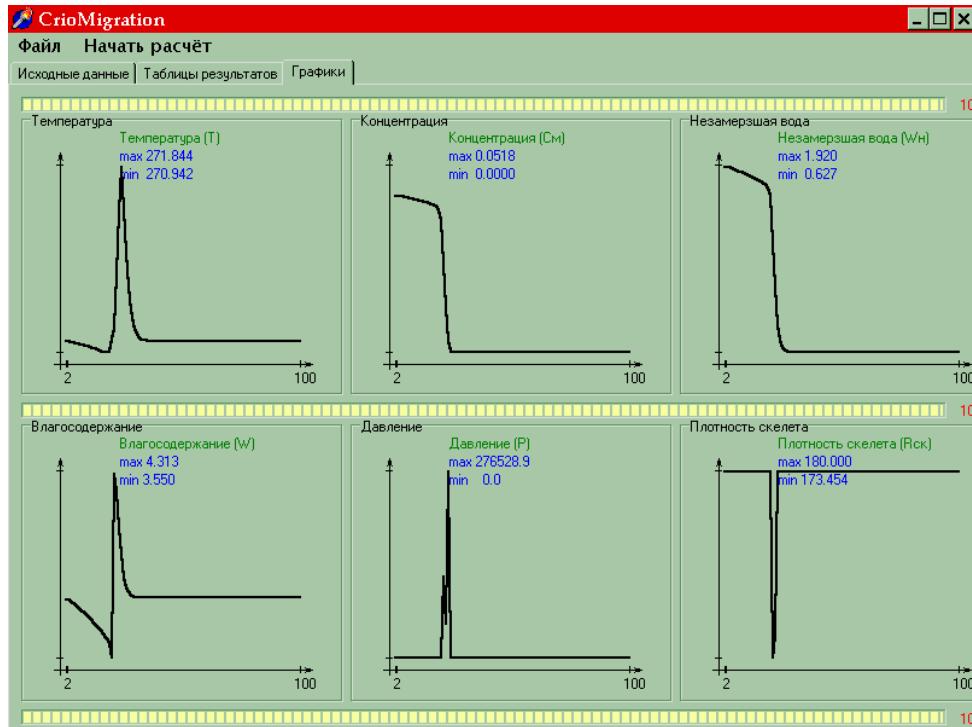


Рис. 11. Окно вывода графического представления результатов расчета

Прикладная программа для расчета распределения водорастворимого сорбирующегося соединения по глубине в твердой фазе и поровой влаге почв и грунтов. Данная компьютерная программа (рис. 12) позволяет рассчитать и построить распределение водорастворимого соединения по глубине в твердой и жидкой фазах

почв и грунтов, с учетом количества неподвижной влаги, коэффициентов массообмена при переходе из подвижной поровой влаги в неподвижную и из неподвижной поровой влаги в твердую фазу почвы, коэффициента распределения водорастворимого соединения, скорости фильтрующего потока.

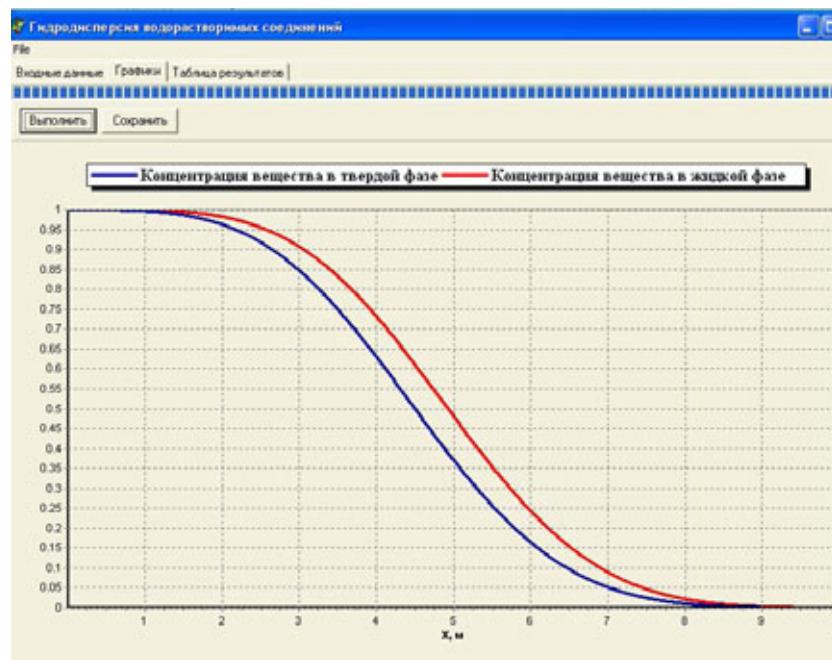


Рис. 12. Результаты расчета. Распределение относительной концентрации водорастворимого соединения по глубине в твердой и жидкой фазах слоя почвы

Прикладная программа для моделирования взаимосвязанных процессов тепломассопереноса и деформации структуры материала. Данная программа (рис. 13) предназначена для моделирования взаимосвязанных процессов тепломассопереноса и деформации структуры материала в областях с радиальной симметрией. Программа позволяет рассчитывать и визуализировать формирования напряженно-деформированного состояния в материале в форме тел вращения под воздействием механической нагрузки, а также нестационарных

температурных и влажностных полей. Программа может использоваться для оптимизации процессов преобразования структуры и формы при сушке влажных дисперсных материалов и термообработке металлов.

Разработанные прикладные программы используются для прогноза температурно-влажностного режима, распространения водорастворимых техногенных загрязнений и напряженно-деформированного состояния в природных дисперсных средах при решении задач.

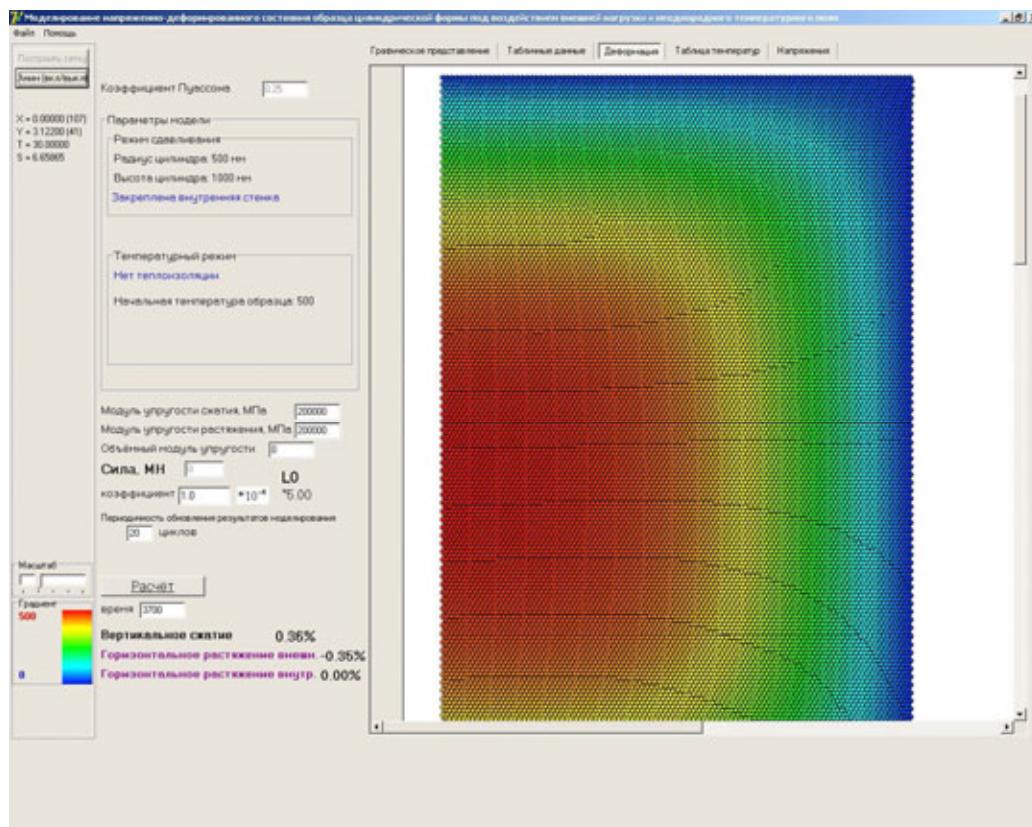


Рис. 13. Главное окно программы

Литература

1. Бровка, А. Г. Влияние горного давления на коэффициент теплопроводности и фазовый состав воды в горных породах при отрицательных температурах / А. Г. Бровка, И. И. Лиштван // Природопользование. Минск, 2011. Вып. 19. С. 187–195.
2. Бровка, Г. П. Методы экспериментального исследования и моделирования миграции радионуклидов в почвах и грунтах // Междунар. научн.-практ. конф. 25 лет после чернобыльской катастрофы. Преодоление ее последствий в Рамках Союзного государства : сб. пленарных докл. / Г. П. Бровка, И. Н. Дорожок. Гомель, 2011. С. 121–135.
3. Устройство для испытания на сдвиг мерзлых грунтов и льда : а. с. 1213129 СССР, МКИ Е 02 D 1/00 / Г. П. Бровка, И. И. Романенко (СССР). № 3769012/29-33 ; заявл. 13.07.84 ; опубл. 23.02.86 // Открытия. Изобретения. 1986. № 7. С. 157.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 02.10.2012 г.

*Г. П. Бровка, К. А. Агутин, А. Г. Бровка, И. Н. Дорожок, С. Н. Иванов,
К. В. Пяткевич, И. И. Романенко*

**МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ПРОЦЕССОВ ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА, ФОРМИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В ПРИРОДНЫХ ДИСПЕРСНЫХ СРЕДАХ**

Разработан комплекс приборов, позволяющий проводить исследования теплофизических и деформационно-прочностных характеристик почв, грунтов и горных пород при положительных и отрицательных температурах, а также в условиях повышенных статических нагрузок. С помощью указанного комплекса определены теплофизические и деформационно-прочностные характеристики горных пород из участков проходки шахтных стволов четырех калийных рудников, необходимые для обоснования специальных методов проходки с использованием искусственного замораживания. Создан ряд программ для компьютерного моделирования процессов переноса тепла, влаги, водорастворимых соединений и формирования напряженно-деформированного состояния в природных дисперсных средах. Данные программы используются для решения задач природоохранного характера, а также задач повышения устойчивости инженерных сооружений, взаимодействующих с природными дисперсными средами.

*G. P. Brovka, K. A. Agutin, A. G. Brovka, I. N. Dorozhok, S. N. Ivanov,
K. V. Pyatkevich, I. I. Romanenko*

**METHODS OF LABORATORY RESEARCH AND
COMPUTER SIMULATION OF HEAT- AND MASS TRANSFER,
FORMATION OF THE INTENSE-DEFORMED STATE IN NATURAL DISPERSION MEDIUM**

The complex of the devices to carry out researches of heat-physical and deformation-strength characteristics of soils, grounds and rocks at positive and negative temperatures, and in the conditions of the raised static loadings has been developed. By means of the specified complex heat-physical and deformation-strength characteristics of rocks from sites of mine wells of four potash mines, necessary to substantiate special methods of penetration with the use of artificial freezing have been defined. A number of computer modeling programs of the processes of heat, moisture, water-soluble compounds transfer and the formation of the intense-deformed state in natural dispersion medium has been created. The given programs are used to solve tasks of nature protection character, and also those to increase stability of engineer constructions interacting with natural dispersion media.

Л. С. Лис, В. Б. Кунцевич, Н. А. Кот

ВАЖНЕЙШИЕ РАБОТЫ ПО ТЕХНОЛОГИИ И МЕХАНИЗАЦИИ ТОРФЯНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Рассмотрены (во временной последовательности) важнейшие разработки института в области технологии и механизации торфяного производства. Приводится ряд теоретических принципов, положенных в основу разработки новых продуктов и оборудования по добыче и переработке торфа, показаны результаты топливного, химико-технологического и сельскохозяйственного использования торфа и торфяных месторождений.

Торф является уникальным природным образованием, определяющие оценки которого требуют широких и разносторонних подходов. Во-первых, торф является полезным ископаемым. Извлеченный из недр земли он может использоваться в качестве топлива, а также как сырье для производства целого ряда продукции, получаемой при комплексной переработке. Во-вторых, в местах расположения, в различной степени осущенных, торфяные месторождения являются потенциально плодородными сельскохозяйственными угодьями для возделывания сельскохозяйственной продукции, а также лесными землями. В-третьих, эти образования благодаря своей уникальной роли являются важнейшими элементами природно-территориальных комплексов, обеспечивающих стабилизацию биосферных процессов в окружающей среде.

Торфяные ресурсы Беларуси достаточно активно эксплуатируются с давних времен. В 1896 г. в Оршанском уезде началась первая торфоразработка. Опыт добычи торфа в дальнейшем постепенно распространился в другие регионы для создания собственной топливной базы развивающегося промышленного производства. В последующие годы в строй вводились новые крупные предприятия по его добыче и переработке, что, в свою очередь, требовало неотложного технического и технологического перевооружения новой торфяной отрасли промышленности. В результате потребности в интенсивном развитии торфяного производства и широкого использования торфа в различных отраслях народного хозяйства возникла необходимость в координации всех работ в данном направлении, для чего в 1932 г. был создан Институт торфа, который вошел в организованную в это время Академию наук БССР. В тематику института включались вопросы технологии добычи и переработки торфа, изучение генезиса и районирования торфяных месторождений, изучение их ботанических, технических и физико-химических характеристик, определение запасов. Научное сопровождение работ по усовершенствованию механизированных способов добычи торфа, конструированию новых машин и механизмов

переработки торфяной массы, обновлению нормативных показателей технологических процессов и целый ряд других разработок обеспечили еще в довоенные годы значительный объем добычи торфа, порядка 3,3 млн т в год, что было вызвано появлением крупных тепловых электростанций: Василевичской, Березовской и др. В послевоенные годы наравне с практическими работами по технологии добычи и переработки получили развитие теоретические исследования: предложен метод оценки степени переработки торфа по главным осям тензора деформации, решены вопросы несущей способности торфяной залежи, выполнены расчеты прямолинейного движения и поворота гусеничного хода, устойчивости машин на деформируемом основании, рассчитаны затраты энергии на трение торфа по различным поверхностям (Ф. А. Олейко, Н. С. Костюк, Ф. С. Яцевич) [6]. Проведены обобщающие исследования по изучению и систематизации водно-физических, структурно-механических и технологических свойств торфа и торфяной продукции на различных стадиях технологических процессов и особенно процессов сушки торфа (Ф. А. Малышев, А. И. Федотов, А. А. Головач, П. Н. Давидовский и др.) [15].

Основное внимание в научно-исследовательской тематике института в это время уделялось совершенствованию технологических процессов и оборудования самого распространенного фрезерного способа добычи торфа. В институте предложен и доведен до практического применения метод предварительной подготовки торфяных залежей низкой степени разложения путем переработки торфа в залежи (создана опытная машина МПЗФ). Это позволило при последующей добыче торфа фрезерным способом увеличить насыпную плотность в 1,4–1,5 раза и повысить цикловые и сезонные сборы на 30–40 % (Г. Д. Горбутович, Н. С. Костюк, А. С. Гладкий, И. Н. Хременков) [1]. Разработан метод и созданы опытные установки для производственных испытаний по добыче торфа глубинно-щелевой экскавацией залежи дисковыми и винтовыми фрезами, что позволило улучшить качественные показатели полученной кусковой продукции, а также обеспечить качество подготовки

сырья для экстракции в восковом производстве (Н. И. Бохан, А. П. Гаврильчик, Ф.С. Яцевич, Н. М. Солодухо, Н. А. Кот) [7, 12].

Следует отметить, что возникший интерес в обеспечении коммунально-бытового сектора сравнительно дешевым топливом вызвал появление целой серии работ в этом направлении. .

Эти работы предшествовали исследовательской тематике по кусковому торфу, получившей свое развитие в 70-х гг. прошлого столетия. Был детально испытан и сам метод экскавации торфа из залежи, и различные механизмы и узлы переработки и формования готовой продукции, а также физико-химические методы ее упрочнения. На вооружение взят глубинно-щелевой метод экскавации залежи дисковыми фрезами, как в наибольшей степени обеспечивающий получение сырья необходимого качества. В полевых условиях испытаны предложенные механизмы и узлы по экскавации, переработке и формированию торфяной массы и выстилки продукции: шнековый, валковый и торовый формирователи. По данным энергоемкости и степени переработки при экскавации торфа обоснованы оптимальные параметры и режим работы дисковой фрезы.

Результаты полевых испытаний позволили остановить выбор на эффективных конструкциях рабочих органов и всей машины в целом. Был разработан и широко испытан в производственных условиях ряд машин ДМНВ, НМК, МБП-500, АНБ-704 (705), которые нашли применение и в значительной степени способствовали обеспечению потребностей в коммунальном и бытовом топливе многих регионов республики (Н. А. Кот, Н. М. Солодухо, В. В. Садовничий, И. Н. Хременков, А. П. Гаврильчик, А. А. Терентьев, И. С. Нашкевич, В. А. Хозяев и др.) [1, 2, 7].

Получили широкое развитие исследования режимов хранения фрезерного торфа в части изучения процессов саморазогревания и самовозгорания. Установлено, что автотермические процессы в хранившемся торфе возникают в результате взаимодействия микробиологических, биохимических и физико-химических процессов. Помимо новых оригинальных результатов в расшифровке самого механизма самовозгорания были предложены приемы прогнозирования развития таких процессов для различных видов торфа, а также простые методы защиты от саморазогревания и самовозгорания складочных единиц торфа путем внутренней изоляции штабеля сырьем торфом, а также применения пленочных покрытий. Данные мероприятия позволили снизить потери органического вещества и сохранить качество продукции (Н. С. Панкратов, А. П. Гаврильчик, С. С. Маль, П. Л. Фалюшин, Г. В. Наумова) [10].

В результате этих исследований на основании изучения разнообразных приемов модифи-

кации торфа разработана технология производства эффективного красителя для древесины, текстиля и кожи, способного заменить широко используемые импортные красители, обладающие вредными токсическими свойствами. Была предложена также технология получения преобразователя ржавчины с использованием определенного способа выделения и модификации гуминовых веществ. На основании данных разработок в Российской Федерации построен производственный цех по выпуску такой продукции.

Важное место в тематике института занимали исследования по изучению изменений технических и физико-химических свойств торфа в процессе его добычи, сушки и хранения. Показано, что осушение торфяной залежи вызывает активизацию окислительно-восстановительных и деструктивных процессов, микробиологической и ферментативной деятельности, в результате которых усиливаются процессы минерализации и гумификации органического вещества. При этом в первую очередь разрушаются наиболее мобильные компоненты – углеводный комплекс, происходят существенные изменения его группового состава.

Установлено, что в осушенном слое торфяной залежи потери от минерализации составляют от 10 т/га в год, потери от ветровой эрозии могут доходить до 8–10 т/га, а от вымывания – достигают 1,5 т/га сухого вещества в год. Эти результаты имеют важное значение при выборе сырьевой базы для различных производств комплексной переработки торфа (Н. С. Панкратов, С. С. Маль, А. П. Гаврильчик, Т. Я. Кашинская).

Как альтернатива кусковому торфу развивались работы по совершенствованию технологии получения гранулированного торфа. Первоначальные разработки (Ф. А. Олейко, Е. А. Жук, В. В. Садовничий), не нашедшие практического распространения, были продолжены созданием принципиально нового метода и опытной машины с использованием валково-шиберного пресса и активного валкового формирователя. Показаны преимущества получаемой продукции: увеличение интенсивности сушки на 20–40 %, повышение сезонных сборов на 40–45 %, повышение производительности брикетных заводов (Ф. А. Олейко, И. Н. Чистый) [16].

В конце 60-х гг. XX в. в институте начаты исследования по пневматическому транспорту измельченного торфа в вертикальных и горизонтальных трубопроводах применительно к различным производствам. Установлены оптимальные параметры энергосберегающего пневмотранспорта при повышенных концентрациях аэросмеси до 25 кг/кг, разработаны методики расчета режимов пневмотранспортных систем внутризаводского транспорта измельченного торфа и переданы заинтересованным организациям. Внедрен на действующих брикетных заво-

дах («40 лет БССР», «Усяж», «Ганцевичский») ряд разработанных пневмотранспортных установок целевого назначения: (В. И. Бакшанский, В. В. Шавель, В. М. Вакунов, Н. В. Кислов) [5].

В этот же период начаты работы по автоматическому управлению процессами торфяного производства, которые основывались на создании приборов контроля важнейших характеристик торфяного сырья: влажности, плотности, массового расхода. Изучение физико-химических характеристик торфа в широком диапазоне изменения видов торфа, влажности, структуры композиций явилось исходным материалом для обоснования методов изменения контролируемых характеристик материала в технологических процессах. Для влагометрических приборов были выбраны электрические методы измерения с использованием емкостных датчиков различных конструктивных исполнений и высокочастотного диапазона измерительных сигналов. Это позволило провести совершенствование контроля различных элементов технологического процесса и средств механизации операций по добыче торфа для топлива, использования в сельском хозяйстве и других направлений. Массометрические методы были основаны на измерении реакции потокочувствительного органа – крыльчатки – на движение проходящего через нее материала в потоке. В результате выполненных широких лабораторно-опытных исследований разработаны и испытаны в производственных условиях массомер для учета на уборочных машинах УМПФ-4 и расходомер фрезерного торфа для брикетного завода, встраиваемый в поток материала перед поступлением в сушилку (М. А. Гатих, Ф. Г. Дрик, И. М. Булынко) [4].

Созданная приборная база для контроля параметров торфа в технологических процессах производства явилась исходной ступенью для систем автоматического управления (САУ) данными процессами. В первую очередь были проведены работы по САУ брикетного производства как наиболее подготовленного для этих целей объекта. В основу разработки САУ процессом сушки торфа на брикетном заводе положены производственные исследования статики и динамики такого процесса для двух типов сушилок – «Пеко» и «Цемаг», используемых в настоящее время. На основе полученных данных установлены передаточные функции каналов управления, получены математические модели всей системы управления и ее отдельных контуров и на этой основе разработана структура САУ, состоящая из стандартных блоков. В итоге разработанная система для пневмотранспортной сушильной установки «Пеко» явилась многоконтурной комбинированной с установленными качественными характеристиками. У паротрубчатой сушилки «Цемаг», характеризуемой переменным транспортным запаздыванием, разработанная

система имеет более сложную структуру, состоящую из двух контуров регулирования и ряда дополнительных блоков. Обе САУ на базовых брикетных заводах «Березинское» и «40 лет БССР» прошли серьезные производственные испытания, выявившие определенный эффект по сравнению с ручным управлением (М. А. Гатих, В. Е. Геншафт, Л. С. Лис, В. А. Царев) [4].

В 80 гг. XX в. теоретические и практические задачи по целенаправленному регулированию состава и свойств торфяных систем путем управления процессами структурообразования и тепломассопереноса заняли важное значение в тематике института. На основании широкого исследования физико-химических свойств различных стадий технологических процессов наравне с характеристиками внутреннего тепло- и массопереноса разработаны методические принципы управления качественными характеристиками (прочностью, плотностью, крошимостью, вязкостью) торфяной продукции. Создан комплекс оригинальных приборов и методик для определения теплофизических и массопереносных характеристик торфа, в том числе и при отрицательных температурах, что позволило обосновать режим ряда новых технологических схем комплексного использования торфяных ресурсов (И. И. Лиштван, А. А. Терентьев, Г. П. Бровка, П. Н. Давидовский, И. И. Романенко).

Параллельно технологическим работам по добыче торфа и получении топливной продукции в научно-исследовательской тематике института развивалась химия торфа и химическая технология переработки торфяного сырья. Эти работы проводились под руководством членов-корреспондентов АН БССР Б. К. Климова, Е. В. Раковского и П. И. Белькевича. Первоначально исследования были направлены на получение топливных продуктов – бытового и технологического газа. Изучалась возможность газификации торфа на парокислородном дутье под давлением, обследованы разнообразные продукты выхода термической переработки, разработан ряд технологических процессов по получению пиролизного кокса и других продуктов. На основе этих, широко проверенных в производственных условиях методах, составлены технико-экономические обоснования газообеспечения крупных промышленных центров республики, в том числе г. Минска. Работы проводились с использованием глубоких теоретических проработок по пирогенным процессам в торфяных системах. Дальнейшим развитием такого направления стало создание теории и технологических схем производства углеродных сорбентов (О. И. Мазина, Н. Д. Дрожалина, З. К. Лукьянова, В. К. Жуков) [8].

Исследования в области физической химии школы члена-корреспондента АН БССР П. И. Белькевича были направлены на раскрытие уникального состава торфа и его использования в

практике. В первую очередь это касалось применения находящихся в торфе битумов, изучение которых привели к разработке технологии производства торфяного воска.

Полученные с помощью современных методов (хроматографии, спектроскопии и др.) результаты, раскрывающие большое многообразие состава и форм его компонентов, а также специфические свойства отдельных соединений и всего продукта в целом способствовали разработке направлений его практического использования: точного литья по выплавляемым моделям, производства специальных разделительных составов и смазок, создания различных кремов и продукции бытовой химии, лекарственных препаратов. Выпуск разнообразной продукции стал возможным благодаря строительству в поселке Дукора завода горного воска, который ежегодно производил до 400 т сырого воска. В дальнейшем по разработкам института и при непосредственном участии его сотрудников произведена реконструкция данного завода с использованием технологии непрерывной экстракции воска из фрезерного торфа. Были введены в эксплуатацию цеха по производству модельных составов, разделительных смазок, этанольных экстрактов (И. И. Лиштван, П. И. Белькевич, Ф. Л. Каганович, К. А. Гайдук, Л. И. Иванова, Г. В. Наумова, Г. М. Прохоров, Е. Ф. Долидович) [14].

На протяжении прошедших со времени образования Института торфа лет, несмотря на изменения названия института и переориентации основных направлений научной деятельности, сельскохозяйственная тематика занимала и занимает важное место во всей научно-практической деятельности учреждения.

Применение торфа и торфяных месторождений в сельском хозяйстве началось в далекие времена одновременно с топливным использованием. Достаточно отметить, что из общего объема добываемого в 70-е гг. XX в. торфа почти две трети приходилось на сельскохозяйственное использование, общая площадь осушенных торфяных почв составляла более 1 млн га.

Исследования в области сельскохозяйственной тематики в институте начались с момента его образования. В начале эти работы носили несколько поисковый характер и касались вопросов добычи торфа на удобрение и подстилку различными способами и оборудованием. Получили развитие работы по поиску новых методов в технологии добычи торфа для приготовления органических удобрений и подстилки для скота, что было особенно актуально для торфа малой степени разложения. Операции по фрезерованию и ворошению фрезерного способа добычи торфа объединили в одну с помощью широкозахватного рыхлителя-ворошителя, прицепного к трактору на гусеничном ходу. Этот агрегат имел преимущества в производительности в 1,5–

2 раза по сравнению с применяющимся традиционным оборудованием и обеспечивал необходимое качество получаемой продукции (А. И. Селитренников) [11].

К первоначальным работам относятся исследования по применению торфа в качестве мелиоранта почв легкого механического состава. Обеспечивающееся при этом увеличение содержания органического вещества в легкой почве и изменение ее пористой структуры улучшает водные свойства, значительно возрастает содержание доступной растениям влаги. Уменьшение размеров порового пространства в почве после внесения торфа способствует поступлению влаги в корнеобитательный слой из более глубоких почвенных горизонтов. Происходит рост продуктивности мелиорированных торфом почв: в первые 3–5 лет идет интенсивное разложение растительных остатков торфа, в результате чего возрастает содержание гумуса. Первоначально активная минерализация органического вещества торфа постепенно снижается и в последующие 10–15 лет составляет 3,2 % годовых, в дальнейшем (порядка 30 лет после внесения) минерализация органического вещества снижается до 1,7 %. В процессе минерализации торфа в почве из органических соединений высвобождается азот, который может быть использован растениями. При минерализации легких почв возрастает их поглотительная способность не только в пахотном, но и в нижележащих слоях до 80–100 см, что способствует более эффективному применению минеральных удобрений. Например, для выращивания 1 ц зерна на мелиорированной торфом супесчаной почве (140–380 т/га), затраты минеральных удобрений были на 15–35 % меньше, чем на контроле (Ф. А. Малышев, А. А. Головач) [9].

Широкое многостороннее использование торфа в сельскохозяйственном производстве обусловлено специфичностью физико-химической и биологической природы органического вещества торфа. Большое многообразие видов торфа, несомненно, требует дифференцированного и обоснованного подхода к оценке пригодности торфа для различных направлений сельскохозяйственного производства. Необходимы научно обоснованные методы и приемы использования торфа, которые обеспечивают более полную мобилизацию потенциальных возможностей этого природного ресурса.

На большом фактическом материале были обследованы различные виды торфа по основным агрономическим показателям – обменной и гидролитической кислотности, сумме обменных оснований, степени насыщенности ини поглощающего комплекса. Определение закономерностей изменения поглотительной способности торфа позволило выбрать методы и приемы управления этими показателями, что особенно

важно при оценке потенциальной ценности различных видов органических удобрений. Было установлено, что при аммонизации торфа в результате гидролитических реакций в щелочной среде повышается подвижность азота органических соединений до легкогидролизуемой доступной растениям формы. Внесение в почву аммонизированного торфа повышает агрономические свойства почвы, что положительно отражается на их продуктивности. В результате многолетних полевых опытов получены коэффициенты агрономического эффекта для различных типов и видов торфа: высокоеффективными оказались низинный тип торфа, а минимальными – травяно-моховые и моховые виды верхового торфа. На основании результатов аммонизации торфа научно обоснованы и разработаны схемы приготовления торфогуминовых удобрений, которые получили широкое использование благодаря доведению их технологии до предприятий сельского хозяйства (колхозов и совхозов). В период с 1971 по 1981 г. в республике приготавливалось и использовалось ежегодно до 1,5 млн т таких удобрений, что обеспечило получение экономического эффекта в 11125 тыс. руб. (А. В. Тишкович, Г. П. Вирясов, В. В. Капский, Т. Д. Праслова, Р. В. Лосицкая, Р. П. Шурыгина) [13].

Вторым важным направлением в области научных исследований по удобрениям на основе торфа явилась разработка комплексных органоминеральных удобрений. Принципиальным моментом способа приготовления таких удобрений является процесс физико-химической активации гуминового комплекса торфа путем термомеханохимических воздействий, а также обеспечение условий взаимодействия с аммиаком и соединениями минеральных удобрений при смешивании

и сушке. Были изучены важнейшие факторы, определяющие физико-механические и структурные свойства получаемых показателей, установлены оптимальные режимы процессов смешивания, гранулирования и сушки получаемой продукции, разработан технологический регламент производства таких удобрений. Благодаря широким производственным испытаниям комплексных гранулированных органо-минеральных удобрений было установлено, что устойчивость элементов питания минеральных удобрений в них на 35–40 % выше, чем в исходных гранулированных минеральных удобрениях или торфоминеральных смесях. Разработанные удобрения в 1,5–2 раза уменьшают коррозионное воздействие на металлические детали сельскохозяйственных машин, позволяют экономить торфяные ресурсы.

По решению Министерства сельского хозяйства БССР в 1980–1981 гг. построен цех по производству комплексных гранулированных удобрений, разработаны различные их виды, а также смеси для конкретных почвенных условий (А. В. Тишкович, Г. П. Вирясов, В. А. Ковалевский) [13].

Работы по торфяной тематике продолжаются в институте и в настоящее время, они касаются анализа торфяного фонда, обоснования новых направлений использования торфяных месторождений, в том числе и выбывших из эксплуатации, производства новых продуктов и материалов для топливного, сельскохозяйственного и природоохранного направлений.

Выполненный краткий анализ многочисленных работ по торфяной тематике позволяет заключить, что многое из сделанного в прошедшие годы следовало бы возродить на современном уровне.

Литература

- Гаврильчик, А. П. Технология и комплексная механизация торфяного производства / А. П. Гаврильчик, Н. С. Костюк // Тр. Ин-та торфа. Минск, 1983. С. 90–101.
- Гаврильчик, А. П. Превращения торфа при добыче и переработке / А. П. Гаврильчик. Минск, 1992.
- Гаврильчик, А. П., Ресурсосберегающие технологии использования и охраны торфа и торфяных месторождений / А. П. Гаврильчик, А. А. Терентьев, И. С. Нашкевич // Природопользование. Минск, 2002. Вып. 8. С. 99–107.
- Гатих, М. А. Влагометрия торфа / М. А. Гатих, Л. С. Лис. Минск, 1986.
- Кислов, Н. В. Основы пневмотранспорта сыпучих торфяных сред / Н. В. Кислов, В. И. Бакшанский, В. М. Вакунов. Минск, 1981.
- Костюк Н.С. Производство мелкокускового торфа / Н. С. Костюк, Ф. С. Яцевич. Минск, 1975.
- Кот, Н. А. Глубинно-щелевой опыт добычи торфа / Н. А. Кот. Минск, 1974.
- Мазина, О. И. Исследования по обоснованию требований к торфам как исходному сырью для производства углеродных адсорбентов / О. И. Мазина, В. Е. Раковский, В. К. Жуков // Углеродные адсорбенты и их применение в промышленности. Минск, 1983. С. 74–83.
- Малышев, Ф. А. Мелиорация легких почв суспензией торфа / Ф. А. Малышев. Минск, 1969.
- Превращения торфа и его компонентов в процессе саморазогревания при хранении / Под ред. Н. С. Панкратова. Минск, 1972.
- Селитренников, А. И. Технология и комплексная механизация добычи торфа для сельского хозяйства / А. И. Селитренников. Минск, 1982.
- Солодухо, Н. М. Фрезформовочный способ добычи торфа / Н. М. Солодухо. Минск, 1980.
- Тишкович, А. В. Теория и практика аммонизации торфа / А. В. Тишкович. Минск, 1972.
- Торфяной воск и сопутствующие продукты / Под ред. П. И. Белькевича. Минск, 1977.

15. Федотов, А. И. Водно-физические свойства торфа / А. И. Федотов. Минск, 1977.
 16. Чистый, И. Н. Производство гранулированного торфа / И. Н. Чистый. Минск, 1981.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 04.10.2012 г.

L. S. Lis, V. B. Kuntsevich, N. A. Kot

ВАЖНЕЙШИЕ РАБОТЫ ПО ТЕХНОЛОГИИ И МЕХАНИЗАЦИИ ТОРФЯНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В исторической последовательности дано описание теоретических и практических разработок института по использованию торфа в различных направлениях. Приведены обоснования новых приемов и технологий подготовки торфяных месторождений и процессов добычи торфа. Описаны результаты теоретических исследований по расчетам устойчивости и кинематики торфяных машин на гусеничном ходу, оценке энергетических затрат различных механизмов при переработке торфяной массы. Показаны наработки института при топливном (кусковой торф) и сельскохозяйственном (органо-минеральные удобрения) использовании.

Обозначены широкие возможности химико-технологического направления в эффективном использовании торфяных ресурсов и приведен перечень продукции, которая прошла стадии опытной проверки и используется в различных отраслях. Приведены оригинальные разработки измерительных приборов технологических характеристик торфа, а также схемы по управлению процессом сушки торфа на брикетных заводах

L. S. Lis, V. B. Kuntsevich, N. A. Kot

THE MAJOR WORKS ON THE TECHNOLOGY AND MECHANIZATION OF PEAT PRODUCTION

The description of theoretical and practical workings out of the institute on peat use in various directions in historical sequence is given. Substantiations of new ways and technologies of preparation of peat deposits and processes of peat extraction are given. Results of theoretical researches of calculations of the stability and kinematics of peat caterpillar cars, evaluation of power expenses of various peat weigh processing mechanisms are described. The Institute preliminary works for fuel (lump peat) and agricultural (organic-mineral fertilizers) use are shown.

Great opportunities of chemical-technological direction for effective peat resources utilization are marked and the produce production list which has passed stages of test and is used in various branches is enclosed. Original workings out of measuring devices of peat technical characteristics and the scheme to control the process of peat drying at briquette factories are provided.

УДК 553.97

В. А. Ракович, Н. И. Тановицкая, В. В. Смирнова

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ СОХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОЛОТ И ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Статья посвящена развитию исследований в области сохранения и использования болот и торфяных месторождений Беларусь за последние 10 лет. Выделены основные задачи в области изучения болот и торфяных месторождений. Показан вклад Института природопользования НАН Беларусь в развитие науки о болотах и в решение прикладных задач по использованию болот и торфяных месторождений с учетом их функций в природе.

Общая площадь болот на территории Беларусь до начала осушения и добычи торфа составляла 2939 тыс. га или 14,2 % [1, 2, 8] с геологическими запасами 5,7 млрд т 40 %-ной условной влажности [2, 8], которые к настоящему времени уменьшились примерно до 4,0 млрд т. В результате крупномасштабного осушения и активного использования болот при мелиорации земель и добыче торфа более 51 % площади торфяных месторождений осушено. Общая площадь осущенных болот составляет 1505 тыс. га [9], из них 1085,2 тыс. га используется в сельском хозяйстве, 383 тыс. га – осущенные болота лесного фонда, в том числе 103 тыс. га – выработанные торфяные месторождения [12].

Выбывшие из промышленной эксплуатации торфяные месторождения имеются во всех административных областях и в подавляющем большинстве административных районов республики, а их общая площадь составляет 255,6 тыс. га, из которых сельскому хозяйству передано 122,2 тыс. га, и еще 36,8 тыс. га предназначено и частично находится в стадии разработки [9]. Кроме этого, в связи с выполнением Государственной программы «Торф» [11], предполагается увеличение площади разрабатываемого торфяного фонда еще на 31 тыс. га.

В Беларусь выявлено 113 месторождений, перспективных в качестве сырьевых баз торфяных лечебных грязей с прогнозными извлекаемыми запасами такого сырья 73237 тыс. м³. Наиболее богата лечебным торфом Витебская область, где обнаружено 53 торфяных месторождения, перспективных в качестве сырьевых баз. Прогнозные запасы лечебного торфа на них составляют 34 231 тыс. м³. Несколько меньшие запасы торфяного лечебного сырья сосредоточены в Минской области – 21 587 тыс. м³ (30 месторождений). В Гомельской области выявлено 11 месторождений торфяных лечебных грязей, в Гродненской – 9, в Могилевской – 8, а в Брестской – только 2 месторождения [20].

Современные концепции и способы крупномасштабного использования природных ресурсов болот в хозяйственных целях предусматривают либо добычу торфа для топлива, удобрений, лечебных грязей и химической переработки, либо мелиорацию болот с последующим ис-

пользованием торфяных почв для возделывания сельскохозяйственных и лесных культур. Накопленная сумма знаний позволяет утверждать, что эти направления уже не удовлетворяют мировое сообщество по многим причинам, и прежде всего потому, что предусматривают уничтожение естественных болотных экосистем.

Анализ динамики торфяного фонда Беларусь показывает, что за период освоения данного полезного ископаемого и его месторождений промышленные запасы уменьшились, примерно, на 1250–1300 млн т, или на 24 % от первоначальных [10].

Поэтому в настоящее время в республике намечается переход от применения чистого торфа в энергетических целях к комплексному использованию торфа, где минимальное его количество способно давать большой экономический эффект.

Настало время биосферно совместимого использования природных ресурсов болот. Такими вопросами занимается новая зарождающаяся отрасль науки и хозяйства – болотоводство [3, 5].

От болотоведения болотоводство отличается направленностью на практическое использование ресурсов болот, в то время как болотоведение занимается изучением закономерностей образования, развития и функционирования болот для оценки их природно-хозяйственного потенциала и обоснования направлений практического использования с учетом функций в природе.

Главная особенность болотоводства – использование природных ресурсов болот без нарушения процесса болотообразования, а при необходимости осуществляется его возобновление на антропогенно уничтоженных болотных экосистемах [3, 5]. В этом состоит основное отличие болотоводства от использования осущенных торфяных почв и от промышленной разработки торфяных месторождений.

За последние 10–15 лет начали формироваться четыре направления болотоводства: экоболотоводство, культурно-рекреационное болотоводство, агроболотоводство и энерготехнологическое болотоводство, каждое из которых имеет свои научные и прикладные задачи [6].

Экоболотоводство (экологическое болотоводство) – сохранение в естественном состоя-

ния или восстановление антропогенно нарушенных болотных экосистем с целью поддержания экологического равновесия в природно-территориальных комплексах: водного баланса; гидрологического режима; качества поверхностных и грунтовых вод; микроклимата; состава атмосферного воздуха; создания противоэрозионных; геохимических и санитарно-гигиенических барьера; сохранения генофонда растительного и животного мира, а также процесса торфообразования.

В последние 10 лет в Беларуси наиболее активно ведется работа по выделению болот в качестве природоохранных объектов. На болотах созданы гидрологические, биологические, ландшафтные и другие заказники, многие болота входят в состав заповедников и национальных парков, создан Красный список болот. Однако актуальной и нерешенной проблемой является отсутствие научного обоснования той доли площади болот, которая должна получить статус особо охраняемых природных территорий. Приоритетными задачами экоболотоводства следует считать разработку научно обоснованных нормативов сохранения болот в естественном состоянии, обоснование методов и технологий восстановления нарушенных болот разного генезиса с учетом геоморфологических, литологических, гидрогеологических, гидрологических и других природных особенностей, а также степени их нарушенности. Практически не изучены закономерности формирования болотных биогеоценозов, почвенно-агрохимического, водно-воздушного, гидрологического, геохимического и других режимов на восстанавливаемых болотах. Нет научных данных о процессах и закономерностях возобновления болотной фауны в зависимости от типов и размеров восстанавливаемых болот и характера использования прилегающих территорий. Слабо изучены процессы возобновления торфообразования на восстановленных болотных угодьях и вклад восстановленных болот в регулирование газового состава атмосферы. В ближайшие 10–15 лет в области экоболотоводства эти научные и прикладные задачи наряду с мероприятиями по сохранению естественных болот будут актуальны.

Главная задача экоболотоводства – не допустить снижения площади болот в Беларуси ниже нынешнего уровня, а, по возможности, увеличить их общую площадь за счет восстановления болот на выработанных торфяных месторождениях и выбывших из сельскохозяйственной эксплуатации торфяных почвах, что будет содействовать поддержанию благоприятной окружающей среды на территории республики.

Культурно-рекреационное болотоводство – сохранение в естественном состоянии или восстановление антропогенно уничтоженных болот для использования в качестве учебно-познавательных объектов, научных полигонов и стационаров, а также мест туризма, охоты, сбора ягод, грибов и др.

Это весьма важное направление практического использования болот, отдельным аспектам которого либо вообще не уделяется внимание, либо использование происходит стихийно (охота, сборы ягод и лекарственных растений). Актуальной и нерешенной остается проблема регулирования антропогенных нагрузок на болота-ягодники. Предпринимаемое природоохранными органами ограничение сроков начала сбора ягод недостаточно для сохранения ягодников на длительную перспективу, так как ограничения устанавливаются лишь в зависимости от степени спелости ягод без учета общего состояния ягодных угодий. Для их сохранения от интенсивного вытаптывания было бы целесообразно на отдельных болотах периодически приостанавливать сбор ягод на несколько лет и разрешать его снова после полного восстановления ягодников. Научное обоснование соответствующих нормативов требует решения как минимум трех задач: влияния антропогенного пресса на дифференциацию ниш, экологических сукцессий, численности и продуктивности особей и популяций во времени [5, 6].

Следует интенсифицировать восстановление уничтоженных болотных экосистем для культурно-рекреационных целей. При этом восстановление болот на выработанных торфяных месторождениях может иметь многоцелевое назначение, например для воспроизведения охотничьей фауны и ягодников с одновременным выполнением функций по улучшению гидрологического режима, микроклимата местности и др. Уже имеются положительные примеры восстановления крупных болотных экосистем в Браславском, Житковичском, Смолевичском, Солигорском и многих других районах.

В Институте на хоздоговорной основе разработаны и переданы заказчикам научные обоснования на изменение направлений использования выработанных торфяных месторождений на общей площади 511 га, в том числе: для УП «Мингаз» на торфяных месторождениях «Ореховский Мox» и «Гало-Ковалевское», для ОАО ТБЗ «Ляховичский» на торфяном месторождении «Выгонощанское».

Разработаны и переданы заказчику паспорта торфяных месторождений, расположенных на сельскохозяйственных землях площадью более 50 га, перспективных для повторного заболачивания Брестского, Жабинского, Ивацевичского и Пружанского районов.

На торфобрикетном заводе «Старобинский» и торфпредприятии «Красная звезда» реализуются научные обоснования изменений направлений использования выработанных участков торфяных месторождений Гричино-Старобинское и Каролины с сельскохозяйственного на природоохранное. Практическая реализация результатов НИР позволит увеличить объемы добываемого торфа на вырабатываемых площадях, сэкономить средства на дорогостоящую сельскохозяйственную рекультивацию и улучшить экологическую ситуацию.

По заказу торфобрикетного завода «Усяж» оценено воздействие на окружающую среду объекта «Строительство участка под добычу торфа для производства топливных брикетов на торфяном месторождении Гайно-Бродня и строительство подъездной железной дороги».

По заказу торфопредприятия «Вертелишки» выполнена оценка влияния осушения и разработки отводимого участка торфяного месторождения Святое на Республиканский ландшафтный заказник «Озёры», разработаны научное обоснование использования отводимого участка для добычи торфа и рекомендации, обеспечивающие минимизацию воздействия на экологическую ситуацию ландшафтного заказника «Озёры». Результаты реализованы ГПО «Белтопгаз» и ПРУТП «Вертелишки» при решении вопросов отвода участка для добычи торфа и РУП «Белниитоппроект» при разработке проектной документации.

Существовавшая до 90 гг. прошлого века многолетняя практика предусматривала рекультивацию выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений в основном под сельскохозяйственные земли, единичные объекты использовались для строительства водоемов, а неудобные для земледелия – под посадку леса.

Весьма часто капиталовложения на сельскохозяйственную рекультивацию не давали экономического эффекта вследствие того, что многие торфяные месторождения по своим характеристикам (геоморфологическим, геологическим, гидрогеологическим, агрохимическим) вообще не были пригодны для создания на них сельскохозяйственных и лесных угодий. По этим причинам значительное количество рекультивированных площадей списано и выведено из использования или просто заброшено из-за их непригодности для ведения сельского и лесного хозяйств. Такие территории являются источниками пожаров.

Сложившаяся ситуация объясняется тем, что решение о направлении использования выработанных торфяных месторождений принималось ранее без достаточного научного обоснования, что приводило к ошибкам при определении направлений использования этих объектов. Кроме того, направление использования земель утверждалось Советом Министров, и отменить его решение для изменения направления использования земельных участков представляло большие проблемы. До 2008 г. отсутствовали нормативные документы, регламентирующие процедуру изменения направления использования земель и процесс реабилитации нарушенных болот.

В связи с этим по заказу Минприроды в рамках Международного проекта ПРООН-ГЭФ Институтом природопользования разработаны и введены в действие с 1 января 2009 г. два ТКП: 17.12.01. «Правила и порядок определения и изменения направления использования выработанных торфяных месторождений и других нарушенных болот» и 17.12.02. «Порядок и правила проведения работ по экологической реабилитации

циии выработанных торфяных месторождений и других нарушенных болот и предотвращению нарушений гидрологического режима естественных экологических систем при проведении мелиоративных работ».

Для дополнения и разъяснения практического применения данных ТКП были разработаны «Методические рекомендации по экологической реабилитации нарушенных болот и по предотвращению нарушений гидрологического режима болотных экосистем при осушительных работах» с описанием конкретных технологических и конструктивных решений проведения восстановительных работ разных типов болот с учетом их геоморфологии и степени нарушенности. Рекомендации получили высокую оценку международных экспертов по гидрологии болот и переведены на английский язык.

Результаты научных исследований в области восстановления болот также реализованы на заказнике «Докудовский». В 2008–2010 гг. в рамках Программы малых грантов ГЭФ проектом «Восстановление нарушенного добычей торфа естественного гидрологического режима заказника «Докудовский» для предупреждения торфяных пожаров и сохранения биологического разнообразия крупнейшего в Гродненской области верхового болота». В 2010 г. завершены строительные работы по восстановлению гидрологического режима верхового болота. Выполнено строительство двух дамб длиной 1,5 км, а также 26 глухих земляных перемычек и одной водосливной шпунтовой. Дамбы с противофильтрационным экраном построены между участком добычи торфа и естественным верховым болотом. Объект принят в эксплуатацию и передан на баланс ГЛХУ «Лидский лесхоз».

Научно обоснованы параметры воздействия осущеных и выработанных торфяных месторождений на окружающую среду [7]. На базе этих результатов разработан и в 2011 г. по заказу Минприроды утвержден нормативный правовой акт «Экологические требования и правила оценки разработки торфяных месторождений на окружающую среду». При промышленном освоении все участки торфяных месторождений площадью более 250 га подлежат оценке воздействия разработки торфяных месторождений на окружающую среду. При выполнении строительных проектов необходимо учитывать экологические требования по минимизации негативных последствий воздействия разработки торфяных месторождений на прилегающие ландшафты, растительный и животный мир, изложенные в данном ТКП.

Впервые предложен обобщенный метод определения воздействия осущеных и выработанных участков торфяных месторождений на гидрологический режим прилегающих территорий.

На восстановленных болотах формируются изумительные по красоте ландшафты, изобильно населенные охотничьей дичью, а также многими редкими и ценными видами, такими как большая белая цапля, лебеди, серые цапли, он-

датры и др. В каналах и глубоких выработках, заполненных водой, развелось много рыбы, поэтому любители рыбалки предпочитают такие места рекам и озерам. Восстановленные болота превратились в постоянные места массового отдыха людей. Организация туристической инфраструктуры позволит сделать их еще более привлекательными для местных и зарубежных любителей природы, охоты и рыбаки. Без преувеличения можно утверждать, что культурно-рекреационное болотоводство имеет в Беларуси большие перспективы.

Агроболотоводство – управление естественным развитием болот или восстановление антропогенно уничтоженных болот с целью получения урожая дикорастущих, полукультурных и культурных сортов болотных ягод, лекарственных и медоносных растений. Агроболотоводство в агрономических целях предусматривает такое использование неосушенных болот, при котором сохраняются их биосферные функции. В связи с этим даже самое щадящее использование осушенных торфяных почв в качестве сельскохозяйственных угодий к агроболотоводству не относится, так как осушенные болота не выполняют свои природные биосферные функции: изменены их растительный покров, животный мир, водно-воздушный режим, прекращен процесс торфообразования и т. д.

В настоящее время наиболее простым вариантом агроболотоводства является возобновление болотообразовательного процесса на выработанных торфяных месторождениях с посадкой клюквы и голубики. В Беларуси уже созданы опытно-производственные участки по возделыванию культурных сортов этих ягод во многих местах с общей площадью около 100 га [19]. Высокая продуктивность и окупаемость возделывания болотных ягод, а также востребованность на рынке позволяют прогнозировать в скором времени значительное расширение их плантаций.

Более проблематичным является использование целинных болот для этих целей, хотя регулирование продуктивности дикорастущих болотных ягод путем сбалансированного применения удобрений вполне возможно.

Не менее важным представляется создание на болотах и выработанных торфяниках плантаций лекарственных растений. С учетом больших потребностей в лекарственном сырье и болотных ягодах в ближайшие годы можно ожидать значительного прогресса в агроболотоводстве.

Энергетическое болотоводство – интенсификация фотосинтеза болотных фитоценозов для ежегодного воспроизведения энергетического и органического сырья в виде биомассы болотных растений, которая может перерабатываться в твердое, жидкое или газообразное топливо, компости, картон, бумагу, упаковочные материалы и т. п.

При превращении отмерших болотных растений в торф теряется свыше 85–90 % биомассы и энергии, ежегодно улавливаемой растительным покровом болот. Параллельно с экстенсив-

ным, затратным и биосферно несовместимым процессом использованием ресурсов болот в виде добычи торфа следует приступить к организации интенсивного и биосферно совместимого их использования, суть которого состоит в потреблении вместо торфа надземной части растительности, выращиваемой на болотах [3, 5, 6].

Крупным потребителем биомассы болотных растений станут животноводческие комплексы, где биомасса может компостироваться с жидким и полужидким навозом. Конечный продукт – высококачественные органические удобрения.

В связи с предстоящим исчерпанием торфяных ресурсов в Беларуси было бы целесообразно начать постепенный и планомерный переход от добычи торфа к использованию биомассы болотных растений. В этом случае уничтожение болотных экосистем сменится культурой высокопродуктивных болотных фитоценозов, добыча органического и энергетического сырья сменится его систематическим и целенаправленным воспроизводством в необходимом количестве и с заданным качеством, а сама торфяная отрасль постепенно трансформируется из биосферно несовместимой в природоохранную. Наиболее просто и целесообразно в настоящее время использовать для получения энергетической и технологической биомассы площади выработанных торфяных месторождений, возобновив на них болотный процесс с управляемым водно-воздушным, пищевым режимами и формированием ценозов из быстрорастущих болотных растений, например ивы или тростника.

Главная задача энергетического болотоводства – разработка теоретических основ и методов воспроизведения возобновляемого энергетического и органического сырья на болотах, его частные задачи:

- биогеоценотические – изучение потоков и баланса вещества и энергии в болотных биогеоценозах и закономерностей их функционирования в регулируемых условиях;
- агробиологические – решение генетико-селекционных задач в целях подбора естественных и выведения новых культурных форм болотных растений, превосходящих по продуктивности дикорастущие, обладающие иммунитетом к болезням и вредителям в новых условиях жизнеобеспечения;
- агротехнические – создание технологий формирования высокопродуктивных многолетних болотных ценозов с периодическим отчуждением надземной фитомассы, оптимизация водного, воздушного, пищевого режимов и реакции среды для болотных растений;
- инженерно-технические – создание условий, машин и технологий, обеспечивающих механизацию всех процессов от посева до уборки и хранения урожая [6].

В настоящее время в республике начался Международный проект «Разработка новой концепции использования повторно заболоченных болот для воспроизведения возобновляемой

биомассы в энергетических целях в Беларуси» с общим объемом финансирования 1 млн 209 тысяч евро, рассчитанный на 2,5 года. Институт природопользования НАН Беларуси является активным партнером проекта совместно с Фондом Михаэля Зуккова (Германия) и Международным государственным экологическим университетом имени А.Д. Сахарова. Проект будет реализован на торфобрикетном заводе «Лидский».

Реализация этого проекта предоставит возможность внедрить экологически и экономически обоснованную технологию производства возобновляемого биотоплива с территории выработанных торфяных месторождений Беларуси, предусматривающую сокращение выбросов парниковых газов. Выполнение проекта позволит обеспечить устойчивое развитие территорий на основе получения экономической выгоды и создания новых рабочих мест. В рамках проекта предусмотрено развитие сотрудничества с европейскими странами как в области образования, так и обмена практическим опытом применения передовых технологий при производстве возобновляемого биотоплива.

В настоящее время главным направлением исследований болот и торфяных месторождений является углубление знаний о закономерностях их формирования и функционирования, создание теории, методов и технологий научно обоснованного природопользования на болотах и торфяных месторождениях. В рамках данного научного направления решались следующие основные задачи.

Изучение закономерностей формирования и распространения болот и торфяных месторождений различного генезиса в разных природных зонах Беларуси.

В рамках бюджетных и хоздоговорных работ для предприятий и организаций РБ по добыче торфа (ОАО «ТБЗ Дитва», ТП «Вертелишки», ООО «Геоплан», ОАО «ТП Днепровское» и др.) проанализировано большое количество образцов торфа, отобранных по глубине залегания торфяной залежи, на степень разложения и ботанический состав. Это позволяет находить закономерности формирования болот и торфяных месторождений различного генезиса.

Изучение биосферных функций болот и механизмов их проявления.

В Институте выявлены и теоретически обоснованы биосферные и природно-хозяйственные функции болот и торфяных месторождений [6].

Разработка мероприятий по сохранению биологического и ландшафтного разнообразия болот.

В 2005–2010 гг. совместно с Институтом экспериментальной ботаники по ГПОФИ «Ресурсы растительного и животного мира» проводилась научно-исследовательская работа «Исследования геоботанической структуры, продуктивности и современного состояния растительности верховых болот Беларуси. Разработка меро-

приятий по их рациональному использованию и охране».

На основании исследования геоморфологических, гидрологических характеристик и стратиграфии торфяных залежей крупных верховых болот Северной, Центральной и Южной геоботанических подзон на примере торфяных месторождений Ельня, Долбенишки, Стречно, Моховое, Болото Мох, Домжерицкое, Веселовское, Дубатовка, Морочно, Докудовское дана оценка их современного экологического состояния, выполнена дифференциация по степени нарушенности и сравнительная оценка возможных направлений использования.

Разработаны мероприятия по рациональному использованию исследуемых верховых болот на основании анализа их современного состояния и сравнительной оценки возможных направлений использования. По экологическим и экономическим показаниям рекомендовано использовать указанные болота в природоохранном направлении с повторным заболачиванием нарушенных участков.

Разработаны рекомендации по восстановлению гидрологического режима нарушенных исследуемых болот. Реализация рекомендаций по восстановлению болот будет способствовать возобновлению болото- и торфообразовательных процессов и последующему возрождению биосферных функций, присущих болоту в естественном состоянии.

Разработка принципов, методов и технологий повторного заболачивания выработанных торфяных месторождений и мелиорированных торфяных почв с учетом их генезиса, геоморфологии и свойств подстилающих торф пород.

В 2006–2009 гг. в республике выполнялся проект Глобального Экологического Фонда – Программы Развития ООН (ГЭФ–ПРООН) «Ренатурализация и устойчивое управление торфяными болотами для предотвращения деградации земель, изменений климата и обеспечения сохранения глобально значимого биологического разнообразия». Институтом природопользования совместно с НПЦ по биоресурсам были подготовлены научные обоснования повторного заболачивания территорий проекта и изучалась динамика выделения диоксида углерода на выработанных торфяных месторождениях до, в процессе и после восстановления болотных экосистем. К 2009 г. был восстановлен водный режим на 29 тыс. га выработанных торфяных месторождениях, и на этих территориях началось возобновление торфообразовательного процесса.

Разработка способов и технологий консервации органогенного слоя мелиорированных торфяных почв.

Эти работы в Институте продолжаются на протяжении 30 лет.

Изучение механизма торфообразовательного процесса.

В Институте выполняются работы по количественной оценке трансформации растительной фитомассы в торф для болот различного генезиса [16].

Изучение скорости прироста торфяного слоя по периодам голоцена и стадиям развития болот.

Оценка аккумуляции углерода естественными болотами по периодам голоцена и стадиям развития болот в мире изучена весьма слабо. В результате проведенных в институте экспериментальных исследований и анализа литературных данных была выполнена количественная оценка прироста торфяного слоя и аккумуляции углерода различными типами болот Беларуси по периодам голоцена [13].

Изучение круговорота углерода в естественных, нарушенных и восстанавливаемых болотных экосистемах.

В Институте природопользования НАН Беларуси проведены теоретические исследования и количественно оценен круговорот углерода в естественных, нарушенных и восстанавливаемых болотах [14, 15, 17, 18]. По заказу Минприроды в Институте разработаны и утверждены в установленном порядке три технических кодекса установившейся практики: 17.09-02-2011 (02120) «Правила расчета выбросов и поглощения от естественных болотных экосистем, осущененных торфяных почв, выработанных и разрабатываемых торфяных месторождений», 17.09-03-2011 (02120) «Правила расчета поглощения диоксида углерода из атмосферы озерными экосистемами», 17.09-04-2011 (02120) «Правила расчета выбросов диоксида углерода при пожарах на торфяниках», необходимых при составлении и ведении Государственного кадастра парниковых газов в связи с выполнением Республикой Беларусь международных обязательств по Рамочной конвенции.

Научно-методическое обеспечение государственного контроля за состоянием и использованием болот и торфяных месторождений.

Основными механизмами решения этой задачи являются инвентаризация, мониторинг и государственный учет природных ресурсов болот и торфяных месторождений.

В 2010 г. была проведена Инвентаризация естественных болот Беларуси с использованием методов космического зондирования с участием специалистов ряда организаций: Института природопользования НАН Беларуси, НПЦ «Биоресурсы», РУП «Космоаэрогеология», РУП «Белгослес». В результате проведенных исследований получены новые данные о количестве и площадях естественных болот с учетом типовой принадлежности по произрастающим фитоценозам и торфяной залежи, природоохранного статуса и степени нарушенности гидрологического режима. По итогам инвентаризации с использованием космической съемки общая площадь беслесных, открытых болот в естественном состоянии Беларуси составила 862,6 тыс. га. Пред-

стоит дальнейшее уточнение и выяснение причин расхождения ранее опубликованных данных о площадях открытых естественных болот с новью выявленными.

Разработана геоинформационная система, включающая базу данных «Естественные болота Беларуси», позволяющая получить информацию о каждом естественном участке болота: площади, кадастровом номере, названии торфяного месторождения, в границах которого он находится, глубине залежи, географических координатах, степени нарушенности, типовой принадлежности по торфяной залежи и растительности, природоохранном статусе, о его границах. Разработанная АИС передана для использования Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ.

В конце 2008 г. по Государственной научно-технической программе «Природные ресурсы и окружающая среда» в институте началась разработка научно обоснованных мероприятий для каждого административного района по использованию всех выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений.

Для административных районов Брестской, Гродненской и Минской областей разработаны, обсуждены со специалистами и согласованы с руководителями районов Рекомендации по использованию выработанных торфяных месторождений.

Выявлены сельскохозяйственные земли на выработанных торфяных месторождениях, не-пригодные по своим природно-генетическим свойствам для возделывания сельскохозяйственных культур: в Брестской области – 3795,5 га, в Гродненской – 7121, в Минской – 8090,5 га. Основные причины непригодности таких земель для сельского хозяйства – подтопление, подстилание сапропелем, мергелем, другими карбонатными породами. Для этих территорий рекомендовано изменить направление использования с сельскохозяйственного на природоохранное или лесохозяйственное.

Разработаны мероприятия по повышению продуктивности сенокосов с 6–8 до 32–34 ц/га кормовых единиц на площадях: в Брестской области – 5747,9 га, Гродненской – 7998, Минской – 24 944,8 га с общим расчетным экономическим эффектом до 13 568 млн руб. в год в ценах 2010 года. При этом, кроме прямого экономического эффекта, будет иметь место экономия органического вещества почвы за счет увеличения поступлений в нее свежего органического вещества и формирования мощной дернины, ослабляющей влияние внешней среды на торфяной слой, а также экономия азота почвы и удобрений за счет введения бобовых компонентов в состав травосмесей, что будет способствовать увеличению продолжительности сельскохозяйственного использования земель на выработанных торфяных месторождениях и получению на них сельскохозяйственной продукции.

Ожидаемый экологический эффект по всем административным районам трех областей за-

ключается в очистке атмосферы от диоксида углерода в количестве 71 719 т в год. Кроме этого произойдет возобновление местообитаний биологического разнообразия на выработанных торфяных месторождениях после их экологической реабилитации: вырастут леса, восстановятся болота, улучшится микроклимат, снизится пожароопасность территорий, появятся новые охотничьи угодья.

По результатам исследований Брестским и Минским облисполкомами, Копыльским, Стародорожским и Толочинским райисполкомами приняты решения об изменении направлений использования земель на выработанных торфяных месторождениях на общей площади 1392 га. Гродненским райисполкомом подготовлен проект решения об изменении направления использования выработанных участков торфяного месторождения «Святое» с сельскохозяйственного на природоохранное на общей площади 1470 га.

Разработка эколого-экономической оценки болот и торфяных месторождений.

Решение этой проблемы позволит создать экономический механизм сохранения и использования природных ресурсов болот и торфяных месторождений с учетом их общепланетарной и региональной природоохранной значимости. С 2010 г. в Институте природопользования в рамках Государственной программы научных исследований «Научные основы комплексного использования, сохранения и воспроизводства природно-ресурсного потенциала и повышения качества окружающей среды» начались работы по решению данной задачи.

Эколого-экономическая оценка сельскохозяйственного использования выработанных торфяных месторождений показывает, что за один год использования можно получить чистую прибыль в пересчете на продукцию животноводства (молоко) 75–115 USD/га в год без учета стоимости сэкономленного азота торфяной почвы под покровом многолетних трав.

В то же время суммарная стоимость от потерь торфа, воды и диоксида углерода при сельскохозяйственном использовании торфяных месторождений под пропашными и зерновыми культурами составляют 239,6 и 146,9 USD/га в год.

По заказу Минприроды Институтом природопользования НАН Беларуси научно обоснованы Национальная стратегия и План действий в области использования, восстановления и охраны природных ресурсов болот и торфяных месторождений Республики Беларусь.

Таким образом, наука о болотах и торфяных месторождениях в Беларуси за последние 10 лет продолжает активно развиваться.

Болотоводство, зародившееся в конце XX в., в условиях научно-технического прогресса также будет развиваться ускоренными темпами. Уже теперь необходима частичная переориентация научных исследований торфодобывающей отрасли, организация научных полигонов и подготовка специалистов для решения фундаментальных и прикладных задач энерготехнологического болотоводства, потому что ресурсы торфяного сырья ограничены и в ближайшее время их дефицит будет все возрастать.

Литература

1. **Бамбалов, Н. Н.** Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения. Минск, 1984.
2. **Бамбалов, Н. Н.** Болотообразовательные процессы на территории Белоруссии / Н. Н. Бамбалов, А. Г. Дубовец, С. Г. Беленький // Проблемы Полесья. 1990. Вып. 13. С. 75–90.
3. **Бамбалов, Н. Н.** Космические и земные факторы торфообразования / Н. Н. Бамбалов // Торфяная промышленность. 1991, № 1. С. 2–7.
4. **Бамбалов, Н. Н.** Причины низкой продуктивности сельскохозяйственных земель на выработанных торфяных месторождениях / Н. Н. Бамбалов [и др.] // Земля Беларуси. Минск, 2010, № 4. С. 30–37.
5. **Бамбалов, Н. Н.** Основные задачи болотоводства / Н. Н. Бамбалов // Торфяная промышленность. 1991, № 12. С. 25–26.
6. **Бамбалов, Н. Н.** Роль болот в биосфере / Н. Н. Бамбалов, В. А. Ракович. Минск, 2005.
7. **Бамбалов, Н. Н.** Оценка воздействия выработанных торфяных месторождений на окружающую среду / Н. Н. Бамбалов [и др.] // Природопользование. Минск, 2009. Вып. 15. С. 108–115.
8. **Бамбалов, Н. Н.** Современное состояние и перспективы использования торфяного фонда Беларуси / Н. Н. Бамбалов [и др.] // Природные ресурсы. 2000. № 3. С. 5–16.
9. **Бамбалов, Н. Н., Тановицкая, Н. И.** Современное использование болот и торфяных месторождений Беларуси / Н. Н. Бамбалов, Н. И. Тановицкая // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования. Использование и охрана. Минск, 2009. С. 17–24.
10. **Гаврильчик, А. П.** Современное использование торфяных месторождений Республики Беларусь / А. П. Гаврильчик [и др.] // Природопользование. 2003. Вып. 9. С. 110–120.
11. **Государственная** программа «Торф» на 2008–2010 годы и на период до 2020 года. Минск, 2008.
12. **Отчет** Министерства лесного хозяйства «Программа восстановления нарушенных торфяников Минлесхоза» по проекту ПРООН–ГЭФ. Минск, 2007.
13. **Ракович, В. А.** Аккумуляция углерода естественными болотами Беларуси по периодам голоцен / В. А. Ракович // Природопользование. Минск, 2010. Вып. 17. С. 78–84.

14. **Ракович, В. А.** Аккумуляция углерода естественными болотными экосистемами в зависимости от произрастающей на них растительности // Природопользование. Минск, 2011. Вып. 19. С. 82–90.
15. **Ракович, В. А.** Количественная оценка аккумуляции углерода на естественных болотах различного генезиса / В. А. Ракович // Природопользование. Минск, 2009. Вып. 16. С. 89–96.
16. **Ракович, В. А.** Количественная оценка трансформации фитомассы в торф на болотах различного генезиса / В. А. Ракович // Природопользование. Минск, 2008. Вып. 14. С. 97–103.
17. **Ракович, В. А.** Оценка потери углерода и эмиссии диоксида углерода с выработанных торфяных месторождений / В. А. Ракович, Н. В. Молокова, Т. В. Селивончик // Природопользование. Минск, 2010. Вып. 17. С. 85–90.
18. **Ракович, В. А.**, Среднесуточные потоки и годовой баланс диоксида углерода в болотных и лесных экосистемах // Природопользование. Минск, 2007. Вып. 13. С. 61–65.
19. **Сидорович, Е. А.** Интродукция и опыт выращивания клюквы крупноплодной, голубики высокой и брусники : Обзорн. информация / Е. А. Сидорович, Н. Н. Рубан, А. В. Шерстеникина. Минск, 1991.
20. **Ясовеев, М. Г.** Глава «Торфяные лечебные грязи» / М. Г. Ясовеев // Минеральные воды и лечебные пелоиды Беларуси: ресурсы и современное использование. Минск, 2005.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила 3.10.2012 г.

V. A. Rakovich, N. I. Tanovitskaya, V. V. Smirnova

**ОСНОВНЫЕ ИТОГИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ
СОХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОЛОТ И
ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Статья посвящена развитию исследований в области сохранения и использования болот и торфяных месторождений Беларусь за последние 10 лет. Выделены основные задачи в области изучения болот и торфяных месторождений. Представлен вклад Института природопользования НАН Беларусь в развитие науки о болотах и в решение прикладных задач по использованию болот и торфяных месторождений с учетом их функций в природе.

Показано, что уже теперь необходима частичная переориентация научных исследований торфодобывающей отрасли, организация научных полигонов и подготовка специалистов для решения фундаментальных и прикладных задач энергетико-технологического болотоводства, потому что ресурсы торфяного сырья ограничены и в ближайшее время их дефицит будет ощущаться все сильнее.

V. A. Rakovich, N. I. Tanovitsky, V. V. Smirnova

**THE BASIC RESULTS AND RESEARCH PROBLEMS IN THE AREA
OF PRESERVATION AND USE OF BOGS AND
PEAT DEPOSITS OF BELARUS REPUBLIC**

The article is devoted to the development of researches in the field of mires and peat deposits preservation and use in Belarus for the last decade. The primary goals in the field of studying of bogs and peat deposits are marked. The contribution of the Institute for Nature Management NAS of Belarus into science development and the decision of applied problems on the use of bogs and peat deposits regarding their functions in the nature have been presented.

It has been shown, that at present a partial reorientation of scientific researches of peat producing branch, the organization of scientific ranges and experts training to solve fundamental and applied problems of energy-technological mire management is obligatory due to the resources of peat raw materials shortage, so their deficiency will be more strongly evident in the nearest future.

В. Ф. Логинов**КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ИНСТИТУТЕ**

Приведены результаты выполненных за последние двадцать лет климатических исследований по каждому из пяти основных направлений работы лаборатории климатологии, с 2007 г. лаборатории трансграничного загрязнения и климатологии.

Климатические исследования в институте получили свое развитие после преобразования института торфа в институт проблем использования природных ресурсов и экологии в 1990 г. Климатические исследования проводились лабораторией, которая в разные годы называлась лабораторией экологического мониторинга, с 1995 г. – лабораторией климатологии, а с 2007 г. – лабораторией трансграничного загрязнения и климатологии. Вышеупомянутые исследования проводили доктора наук Г. И. Сачок, В. Ф. Иконников, автор настоящей статьи и кандидаты наук В. Е. Геншафт, Г. А. Камышенко, Г. П. Кузнецов, В. С. Микуцкий, Ю. А. Бровка. Общая численность сотрудников, работающих в указанном направлении, изменялась от 12 до 4 человек. Лабораторию до 2007 г. возглавлял В. Ф. Логинов, а с 2007 г. – доктор технических наук С. В. Какарека.

Исторически сложилось, что климатические исследования осуществлялись по широкому спектру направлений, основными из которых являлись следующие.

- Оценка роли внешних климатообразующих факторов в изменении климата за период инструментальных наблюдений.

- Изучение пространственно-временных закономерностей изменений глобального и регионального климата, его моделирование и прогнозирование.

- Изучение повторяемости и пространственно-временных изменений экстремальных погодных и климатических явлений.

- Оценка уязвимости и разработка мер по адаптации различных отраслей экономики к изменяющемуся климату.

- Разработка глобальной и национальной политики, стратегии и мер по уменьшению антропогенного воздействия на климат.

Рассмотрим коротко полученные результаты по каждому из указанных направлений.

В конце 90-х гг. ХХ в. в лаборатории получило определенное развитие численное моделирование: созданы численная модель переноса примесей в граничном слое и численная модель воздушного потока над неоднородными поверхностями; выполнено численное моделирование суточного хода метеорологических параметров, моделирование пограничного слоя атмосферы [27, 30–34]. Однако отсутствие достаточ-

ного научного потенциала в области численного моделирования привело к свертыванию этого важного научного направления.

В настоящее время в институте сохранилось только статистическое моделирование изменений климата и осуществляется использование глобальных моделей общей циркуляции атмосферы для региональных прогнозов изменений климата. При составлении оценочных прогнозов климата Беларуси использовались результаты, представляемые центром распределения данных при Межправительственной группе экспертов по изменению климата, сценарные оценки изменения температуры, осадков в различные периоды ХХI в. [19, 24, 29].

Далее приведем основные результаты по каждому из указанных направлений.

1. Оценка роли внешних климатообразующих факторов в изменении климата за период инструментальных наблюдений. В рамках этого направления особое внимание уделялось исследованиям влияния на климат солнечной активности, аэрозолей естественного и антропогенного происхождения и парниковых газов.

Изучение влияния солнечной активности на погоду и климат имеет более чем 300-летнюю историю. Обзор таких исследований был приведен в многочисленных наших работах [23, 19, 24, 44] и работах других авторов [5, 41–43, 46]. Наиболее системно результаты гелиогеофизических исследований изложены в монографиях, опубликованных в последние 20 лет. Большое внимание в этих работах уделялось оценкам вариаций электромагнитного и корпускулярного солнечного излучения, вариациям космических лучей солнечного и галактического происхождения в 11-летнем и вековом циклах солнечной активности, их проявлениям в нижней атмосфере и возможным физическим механизмам воздействия внешних (космических) факторов на атмосферу Земли, погоду и климат.

В последние несколько лет большое внимание уделено разработке и обоснованию индексов радиационного воздействия на климат малых климатообразующих факторов: солнечной активности и аэрозолей естественного (вулканического) и антропогенного происхождения [24]. Начало этим исследованиям положено в 1972 г.

[21]. Приняв в расчет ряд грубых оценок яркости и площади активных образований на Солнце, нами создан новый индекс электромагнитного солнечного излучения за период с 1881 по 2010 г. (S_b). Данный индекс имеет практически схожую структуру изменений в короткопериодной части спектра ряда со структурой спектров известных индексов солнечной активности. В вековом ходе он имеет максимум в начале 90-х гг. XIX в., в конце 30-х гг. и в 80-х–90-х гг. XX в. Если для известных индексов солнечной активности (относительных чисел Вольфа, площади солнечных пятен, индекса радиоизлучения на длине волны 10,7 см – $S_{10,7}$) самыми мощными являются 11-летний и квазивековой циклы, то для индекса S_b – 11-летний и 43–45-летний циклы. Поясная структура характерна для изменений площадей факелов на Солнце.

Солнечная постоянная оказывается высокой при среднем уровне солнечной активности, если судить по значениям относительных чисел Вольфа, площадей пятен и теней пятен, тогда как при минимальной солнечной активности и очень высокой солнечной активности солнечная постоянная понижается. Зависимость величины солнечной постоянной от площади и яркости солнечных факелов – прямая. Большие площади солнечных факелов в 13, 17, 21 и 22-м солнечном циклах по цюрихской нумерации отвечают высоким значениям индекса радиационного воздействия солнечной активности (S_b) и повышенным значениям температуры в теплое время года в 17 (1933–1943 гг.), 21 и 22-м (1978–1996 гг.) циклах. В вековом цикле индекс S_b растет в 1920–1930-е и 1970–1990-е гг. и падает в 1950–1960-е гг.

В этой связи изменения глобальной температуры в период с 1917 по 1940-е гг. могут быть частично связаны с ростом солнечной постоянной, а падение температуры в последующее тридцатилетие – с падением солнечной постоянной в данное время. В первый период аэрозольное загрязнение атмосферы было минимальным. Второй период интенсивного роста температуры с середины 70-х гг. XX в., как показывают многочисленные исследования, связан с быстрым ростом содержания парниковых газов в атмосфере [17].

Таким образом, рост температуры с 1918 по 1940 г. определяется двумя факторами: очищением атмосферы от вулканического аэрозоля и ростом солнечной постоянной. Другое потепление, которое началось в середине 70-х гг. XX в., в большей мере генерировалось ростом парниковых газов в атмосфере. Коротко-периодные снижения радиационного воздействия вулканического аэрозоля в первой половине 80-х и 90-х гг. XX в. были связаны с извержением вулканов Эль-Чичон и Пинатубо. В последние два десятилетия благодаря активным природоохранным мероприятиям по уменьшению выбросов аэрозолей в атмосферу, проводимым

промышленно развитыми странами, влияние тропосферного аэрозоля на климат уменьшилось и, как следствие, уменьшилось демпфирование потепления климата. Отрицательный тренд в снижении прямой солнечной радиации (увеличения содержания аэрозолей) в период с 40-х до конца 80-х гг. XX в. сменился на заметный положительный тренд.

На фоне отрицательного тренда в изменении прямой солнечной радиации заметны два случая снижения прямой солнечной радиации, связанные с извержением вулканов Агунг (1963 г.) и Фуэго (1974 г.), а на фоне положительного тренда в изменении прямой солнечной радиации отчетливо появляется увеличение аэрозольного загрязнения атмосферы, связанное с двумя крупными извержениями вулканов Эль-Чичон (1982 г.) и Пинатубо (1991 г.).

80 % крупных вулканических извержений за последние 330 лет приходится на годы вблизи максимумов и минимумов 11-летнего цикла солнечной активности. Такое распределение вулканических извержений создает определенные сложности при оценке вклада солнечной активности – самого слабого из всех рассмотренных климатообразующих факторов в изменение климата: оно приводит к формированию в многолетних изменениях аэрозольного загрязнения атмосферы и климата 5–6-летнего обертона 11-летнего цикла солнечной активности. Спектральный анализ радиационных индексов подтвердил данное заключение. Возможно, это и является одной из причин слабого проявления 11-летнего цикла солнечной активности в атмосферных процессах и изменениях климата [24].

Разработанный нами в последние годы суммарный индекс радиационного воздействия на климат является функцией изменения яркости и площади активных образований на Солнце, концентрации в атмосфере аэрозолей вулканического и антропогенного происхождения и углекислого газа. Наибольший вклад в изменение суммарного радиационного индекса в последние 40 лет вносит углекислый газ, а наименьший – электромагнитное излучение Солнца (вариации солнечной постоянной).

Для того чтобы уменьшить вклад общей циркуляции атмосферы в изменение температуры и, как следствие, акцентировать радиационно-обусловленную часть ее колебаний, были использованы осредненные значения температуры различных широтных зон, Северного и Южного полушарий, всего земного шара. Коэффициенты корреляции индексов радиационного воздействия и особенно суммарного радиационного индекса с глобальными характеристиками температуры оказались в большинстве случаев статистически значимыми. В то же самое время связи среднегодовой температуры, а также температуры наиболее теплого и наиболее холодного ме-

сяцев года в Беларуси со всеми индексами радиационного воздействия, включая суммарный индекс радиационного воздействия, оказались слабыми и статистически незначимыми. Это свидетельствует о том, что для термического режима отдельных регионов, где циркуляционно обусловленные изменения температуры не подавлены, радиационное воздействие на температуру проявляется слабо, что особенно характерно для холодного времени года.

Из вариантов разработанных регрессионных моделей, включающих все три (A , S_B и CO_2) предиктора, лучшей оказалась модель для осеней и летней температур земного шара и Северного полушария, среднегодовой температуры Северного полушария (обучающая выборка с 1881 по 1976 г.), среднегодовой температуры Северного полушария (обучающая выборка с 1977 по 2005 г.).

Связи температуры Южного полушария с индексами радиационного воздействия слабее, чем его связи с температурой Северного полушария. Это связано с большей океаничностью и, как следствие, большей инерционностью системы «атмосфера – гидросфера – криосфера» Южного полушария. Известно, что на материках создаются более благоприятные условия для усвоения длинноволновой радиации по сравнению с коротковолновой радиацией, что особенно характерно для центральных областей материков.

На океанах поглощение прямой солнечной радиации происходит в слое, а длинноволновой радиации – в поверхностной пленке. Это стимулирует рост испарения и, как следствие, снижение температуры поверхности океана. Собственно потому рост температуры в Южном полушарии за последнее столетие почти в 1,5 раза меньше, чем в Северном полушарии.

В последний период (1977–2010 гг.), когда концентрация углекислого газа в атмосфере существенно увеличилась (с 330 ppm до 388 ppm), вклад углекислого газа в изменение суммарного радиационного индекса и, как следствие, температуры в данный период оказался доминирующим. Более существенное возрастание температуры должно наблюдаться в высоких широтах, что обусловлено вкладом альбедной обратной связи и воздействием сильной гравитационной устойчивости, создаваемой выхолаживанием вблизи земной поверхности. Последняя подавляет конвекцию и перенос длинноволнового излучения, приводя к концентрации, обусловленной ростом углекислого газа, нагревания в тонком приповерхностном слое. В низких широтах потепление «размазывается» по высоте, поскольку оно ограничено высотой распространения влажной конвекции.

Анализ связи температуры с индексами радиационного воздействия (A , $\Sigma A + S_B$, $\Sigma A + S_B + CO_2$)

показал изменения тесноты связей от одного периода к другому. Для периода времени (1881–1976 гг.), когда рост содержания углекислого газа в атмосфере составил менее 15 % по сравнению с предындустриальным уровнем, роль радиационного воздействия, связанного с аэрозольным загрязнением атмосферы, в изменении температуры особенно в летний и осенний сезоны выше. Об этом свидетельствуют статистически значимые коэффициенты корреляции.

В период незначительного роста концентрации углекислого газа в атмосфере (1881–1976 гг.) существенный вклад в изменение суммарного радиационного индекса обеспечивало изменение аэрозольного загрязнения атмосферы. В течение всего используемого периода наблюдений температуры вклад радиационного воздействия, связанного с изменением яркости солнечного диска (солнечной постоянной), существенно уступал вкладу радиационного воздействия за счет изменений газового и аэрозольного составов атмосферы [24].

С определенной уверенностью можно утверждать, что в ранний период инструментальных наблюдений (1881–1970 гг.) основными факторами изменения климата были естественные факторы: вулканическая и частично солнечная активность, а также, возможно, другие геофизические факторы (изменение скорости вращения Земли, магнитного и гравитационного поля Земли и др.).

Важным для интерпретации современных изменений климата представляется учет роли внутренних климатообразующих факторов: общей циркуляции атмосферы и Мирового океана. Океан для долгопериодных изменений является внутренним фактором изменения климата, а для короткопериодных – внешним.

Известно, что автоколебания в климатической системе «атмосфера – гидросфера – криосфера – биосфера» могут обеспечивать циклические колебания климата разных временных масштабов [47].

В наших работах показано, что течения системы Гольфстрим модулируют величину трендов температуры в годовом ходе [18, 20]. Максимальная интенсивность течений системы Гольфстрим во второй половине зимы и второй половине лета совпадает с периодами максимальных значений трендов температуры на территории Беларуси, а минимальная интенсивность течений системы Гольфстрим в мае и ноябре отвечает минимальным значениям величины трендов температуры. Это означает, что полугодовая составляющая в интенсивности течений системы Гольфстрим формирует аналогичную составляющую в значениях величин трендов температуры.

2. Изучение пространственно-временных закономерностей изменений глобально-го и регионального климата, его моделирование и прогнозирование. Детальные исследования изменений климата Беларуси и их тенденций по временным периодам приведены в многочисленных монографиях и статьях [6, 7, 10, 11, 13–16, 19, 24, 35–37, 39]. Анализ температуры воздуха показал, что на протяжении почти всего XX в. до конца 1980-х гг. кратковременные периоды потеплений сменялись близкими по величине и продолжительности периодами похолоданий.

Потепление, не имеющее себе равных по продолжительности и интенсивности, началось теплым 1988 г. и последовавшим резким повышением температуры в январе 1989 г. ($0,4^{\circ}\text{C}$). Средняя температура января и февраля этого года превысила норму на $7\text{--}7,5^{\circ}\text{C}$, марта и апреля – на $3\text{--}5^{\circ}\text{C}$. В целом этот год, наряду с 2008 г., оказался самым теплым за историю инструментальных наблюдений. Средняя годовая температура воздуха в Беларуси в эти годы составила $+8,0\text{--}8,2^{\circ}\text{C}$, превысив норму почти на $2,0\text{--}2,2^{\circ}\text{C}$. Начавшееся потепление продолжается до настоящего времени. Исключением стал лишь 1996 г., когда средняя годовая температура воздуха по Беларуси была почти на $0,5^{\circ}\text{C}$ ниже нормы. Повышение температуры приходилось в основном на первые четыре месяца года. Положительная аномалия была максимальна в январе (около $3,5^{\circ}\text{C}$), медленно уменьшалась и составила в апреле $+2,0^{\circ}\text{C}$.

Генеральной особенностью изменения температуры является наличие двух наиболее существенных потеплений в последнем столетии. Первое потепление, известное как потепление Арктики, наблюдалось в основном в теплое время года в период с 1910 по 1939 г. Далее последовала мощная отрицательная аномалия температуры в январе–марте 1940–1942 гг. Указанные годы были самыми холодными за всю историю инструментальных наблюдений. Среднегодовая аномалия температуры в эти годы составляла около $-2,5^{\circ}\text{C}$, а в январе и марте 1942 г. среднемесечная аномалия температуры соответственно составила около -10°C и -8°C .

В последние годы (1998–2011 гг.) во все сезоны аномалии температуры были положительными, однако зимы стали более прохладными по сравнению с предыдущим десятилетием (1988–1997 гг.). Важно отметить, что если в 1988–1997 гг. температура летом была только несколько выше нормы, а осенью – даже ниже нормы, то в последнее десятилетие температура осенью и особенно летом была существенно выше нормы.

Если потепление климата определялось ранее как потепление зимнего типа, то с середины 90-х гг. прошлого столетия быстро повышались летние и осенние температуры.

Тренд зимних температур оказался максимальным с серединой 60-х гг. ХХ в.: повышение температуры составило около 3°C . Для периода с 1886 по 2011 гг. повышение температуры оказалось меньше в 2 раза.

Тренды летних температур составили всего несколько десятых градуса за практически доступный период инструментальных наблюдений. Максимальный рост летних температур отличался за последний период (1989–2011 гг.). Он составил около $1,3^{\circ}\text{C}$.

Весенние тренды температуры незначительно уступают зимним, а осенние – не превышают $0,3^{\circ}\text{C}$ и только в период самой мощной положительной флюктуации климата (1989–2008 гг.) составили $1,4^{\circ}\text{C}$.

Для изменений климата в послевоенное время (1945–2011 гг.) характерны следующие особенности. Среднегодовые значения температуры практически не изменились в восточной и центральной части страны до середины 60-х гг. ХХ в., а в западных районах отмечалось слабое падение температуры с конца 40-х до середины 60-х гг. ХХ в. В 70-е гг. наметился слабый рост температуры на всей территории Беларуси, сменившийся болееенным ростом температуры в последние 20 лет. Следует отметить, что скорость роста температуры несколько замедлилась в начале ХХ в. Величина роста среднегодовой температуры за последние 30 лет составила $1,2\text{--}1,4^{\circ}\text{C}$.

В изменении температуры имеются сезонные особенности, состоящие в более раннем начале потепления весной (в конце 50-х гг.) и самым поздним началом потепления – осенью (в последние 10 лет). В контрастные сезоны года отмечается также существенный сдвиг во времени начала современного потепления. Оно раньше началось зимой, но его скорость сильно замедлилась в последние годы, а летние сезоны стали теплыми только в последние 15 лет. Имеются основания считать, что потепление начинает смещаться на летние и осенние сезоны, а также декабрь, когда Земля проектируется на северное, менее активное полушарие Солнца (июль–декабрь), если судить по изменению зиянности (яркости) солнечного диска [19, 24].

Наиболее значителен рост температуры был зимой и особенно за счет температуры в январе и феврале. В начале зимы наблюдалось даже падение температуры вплоть до второй половины 90-х гг. ХХ в. До этого периода холодным сохранялся и ноябрь месяц. Следует отметить, что после начала 90-х гг. температура зимой не испытывала роста.

Таким образом, текущее потепление наиболее выражено в большинстве месяцев холодного времени года. Оно оказалось более мощным, чем предыдущее; в отдельные месяцы холодного периода года температура за

30 лет возросла на несколько градусов. Особенно сильным было потепление в январе. За последние 20 лет (1988–2011 гг.) только одна зима была холодной (1996 г.). Последняя положительная флюктуация температуры была самой мощной за всю историю инструментальных наблюдений. Вероятность случайности столь длительных положительных аномалий температуры менее 5 %. Подавляющее большинство самых крупных положительных аномалий температуры ($\Delta t > 1,5^{\circ}\text{C}$) приходится на последние 20 лет.

Другие детали изменения климата Беларуси в последние годы следующие. Средняя годовая температура была выше нормы на $1,1^{\circ}\text{C}$, потепление более выражено на севере и востоке республики, что согласуется с основным выводом численного моделирования температуры, свидетельствующем о большем повышении температуры в высоких широтах и более континентальных районах [19, 24].

В изменении температуры воздуха на территории Беларуси в последние несколько лет наметилась тенденция к ее повышению не только в холодное время, но и во вторую половину лета. Очень теплыми оказались 1999, 2000, 2002, 2006, 2007 и 2010 гг. Однако самые теплые летние сезоны за историю инструментальных наблюдений пришлись на пятилетний период с 1936 по 1940 г., когда средняя летняя температура составляла $18,3^{\circ}\text{C}$. Для последнего теплого пятилетнего периода средняя температура летом была около $18,2^{\circ}\text{C}$.

Выполненный анализ разностей температуры «север–юг» в различные периоды времени [19] показал что, в теплое время года (апрель–октябрь) практически не изменялась за период наблюдений с 1981 по 2003 г., а в холодное время года (ноябрь–март) уменьшалась от $-2,5^{\circ}\text{C}$ до $-1,4^{\circ}\text{C}$ в последние десятилетия. Значит, на севере Беларуси рост температуры в холодное время года был более значительным, чем на юге.

Разности температуры «запад–восток» за период более 120 лет уменьшались в холодное время года и составили более 2°C в конце XX – начале XXI в. и около $1,2^{\circ}\text{C}$ в период текущего потепления климата. В теплое время года отмечалась похожая закономерность. Это означает, что потепление климата было более существенным в континентальных районах Беларуси. Данные результаты подтверждают известное положение теории климата: потепление климата, связанное с ростом парниковых газов, должно быть более выражено в высоких широтах, а также более континентальных районах земного шара.

Изменение осадков на территории Беларуси отличается большей пространственно-временной изменчивостью по сравнению с температурой. Генеральной особенностью изменения

осадков является снижение их количества в послевоенное время по сравнению с довоенным. Особенно много осадков выпало в период с 1905 по 1935 г. Оно было на 60–70 мм больше по сравнению с периодом 1950–2007 гг. Среднегодовые суммы осадков в период современного потепления существенно не изменились, но значения среднемесячных сумм осадков в августе, апреле и мае уменьшились, а в июне и сентябре – увеличились.

Схематически в изменении осадков выделяются две зоны: северо-восточная зона с ростом атмосферных осадков и юго-западная зона с уменьшением атмосферных осадков. Кроме того, выделены аномальные зоны: Лельчицкий, Житковичский и Костюковичский районы, где количество выпадающих осадков увеличивается.

Если провести сравнение атмосферных осадков за последний период современного потепления, начавшегося с 1988 г., и осадков предшествующего периода (1966–1987 гг.), то можно увидеть более сложную пространственную структуру разностей осадков: рост осадков отмечается в восточной части Витебской, Могилевской и на большей части территории Гомельской области, а также в Гродненской области. Наибольшее понижение количества осадков в период потепления климата произошло в Брестской области и на северо-западе Витебской области.

Генеральная особенность пространственно-временного изменения осадков в последние 15–20 лет состоит в росте осадков на большей части территории страны, исключение составляет Брестская область и небольшой район на северо-западе Витебской области (Шарковщина), где количество осадков уменьшается.

В то же самое время в республике стали чаще отмечаться засушливые условия на протяжении двух и более месяцев в период активной вегетации растений. Недобор осадков сопровождался повышенным температурным режимом, что усилило неблагоприятные для сельского хозяйства последствия.

В последние два десятилетия отмечались также и исключительно влажные годы. Так, в 1998 г. обильными были осадки на протяжении всего года, но особенно влажными были июнь и июль, когда даже в среднем по республике выпало 1,5 нормы осадков. Это вызвало затопление значительных территорий Полесья, затопление посевов на тяжелых почвах севера республики. Такие условия на меньших по площади территориях встречаются более часто.

Посредством оригинального метода, предложенного Г. И. Сачком и Г. А. Камышенко, в основе которого лежит концепция однородного многомерного случайного процесса, выполнен пространственно-временной анализ изменения температуры воздуха и атмосферных осадков

Беларуси на областном и региональном уровнях за период 1945–2009 гг., позволивший выявить территориально распределенные временные границы однородных интервалов, характеризующих особенности распределения значений гидрометеорологических показателей [10, 11]. Установлено, что наблюдавшийся в период с 1988 по 1994 г. интенсивный рост температуры воздуха января в последние годы несколько замедлился, при этом выявлено устойчивое повышение температурного режима во второй половине летнего сезона.

Кроме проявления глобальных тенденций, в изменении климата Беларуси обнаруживаются и региональные тенденции, связанные с мелиорацией обширных территорий страны [7, 19].

В результате мелиорации на юге Беларуси в июне и июле 1965–1984 гг. произошло понижение температуры по сравнению с предыдущие периодом (1945–1964 гг.). Это согласуется с данными наблюдений на освоенных и немелиорированных территориях. В августе наблюдается либо меньшее снижение температуры по сравнению с июнем и июлем, либо даже рост температуры, что также не противоречит данным наблюдений на освоенных и немелиорированных территориях. В северных районах, где интенсивная мелиорация не проводилась, отмечается существенно меньшее понижение температуры либо даже рост температуры в июле и августе (1985–1993 гг.).

Сопоставление выпавших осадков выбранных периодов показало, что наблюдался рост количества осадков в июне–июле в период интенсивной мелиорации и в последующие годы (1985–1993 г.). В августе в период активной мелиорации и после него наблюдалось падение количества осадков на 10–31 мм. Эти результаты не противоречат установленному экспериментально факту увеличения суммарного испарения на болотах, интенсивно освоенных под посевы сельскохозяйственных культур, особенно в первую половину теплого периода; после уборки урожая на освоенном болоте воздух становится более теплым и сухим.

Поскольку при интенсивном сельскохозяйственном использовании мелиорированных почв влажность воздуха увеличивается в первую половину лета и уменьшается – во вторую, количество осадков должно возрастать в первую половину лета и уменьшаться – во вторую.

В заключение следует отметить, что если сравнить температуру в июне и июле фонового периода (1945–1964 гг.) с температурой указанных месяцев в период активной мелиорации (1965–1984 гг.) и последующего десятилетия, то снижение температуры в последнее десятилетие оказывается меньшим, чем в период активной мелиорации. Это может быть связано с уплотнением и минерализацией осушенных торфяников,

а также возникшим более мощным травяным покровом и широким освоением осушенных территорий под сельскохозяйственные культуры. Натурные наблюдения на освоенных и неосушенных торфяниках свидетельствуют о том, что травяной покров и сельскохозяйственные культуры уменьшают падение температуры на освоенных торфяных болотах в июне и июле. В период активной мелиорации открытые торфяные поверхности занимали большие площади, чем в последние десятилетия, что, естественно, привело к более существенным изменениям природных циклов тепла и влаги на этих антропогенно нарушенных территориях.

При анализе динамики осадков также следует принять во внимание экспериментально установленное на метеорологических станциях Беларуси снижение скорости ветра, что должно было привести к снижению испарения и влажности воздуха и, как следствие, к ослаблению роли местного влагооборота и уменьшению количества выпадающих осадков. Относительно большее по сравнению с остальной территорией Беларуси снижение скорости ветра наблюдалось за последние три десятилетия на юге страны. Произошло также увеличение повторяемости штормов. В этом же районе за последнее время произошло и большее уменьшение количества выпадающих осадков особенно летом и начале осени. Уменьшение количества осадков оказалось большим на юго-западе страны.

Таким образом, имеются основания полагать, что мелиорация южных районов Беларуси и сопредельных стран (Украины, Польши) привела не только к микроклиматическим изменениям, но и к региональным изменениям климата Беларуси.

В конце 1990-х гг. в институте начало развиваться новое направление – климатология суточных метеорологических наблюдений. Это направление исследований было тесно связано с исследованиями климата городов [19, 24, 28, 35–37, 40].

Анализ суточных, минимальных и максимальных температур в Беларуси за период с 1960 по 1997 гг. показал снижение амплитуды суточного хода температур в последние два десятилетия за счет роста ночных (минимальных) температур. Амплитуда суточного хода температуры особенно сильно падает в крупных городах по сравнению с сельской местностью, что связано с аэрозольным загрязнением городов. Последнее приводят к снижению дневной (максимальной) температуры.

Генеральная особенность, состоящая в более быстром росте ночных температур по сравнению с дневными температурами, сохраняется также и в летние месяцы, хотя скорость роста в этот сезон существенно ниже.

В среднем по республике суточные минимальные температуры зимой увеличиваются в

рассмотренный период на 30 % быстрее, чем максимальные. В северных, центральных и южных районах Беларуси скорость роста минимальных и максимальных температур составляет 1,41; 1,33 и 1,23 [24].

Эти результаты подтверждают наличие асимметрии в изменении суточного хода температуры при потеплении климата. Аналогичный вывод можно сделать и относительно годового хода. Его уменьшение связано с ростом зимних температур. В последние 10–15 лет наметилась новая тенденция, заключающаяся в значительном росте температуры в летние месяцы (особенно во вторую половину лета), что требует введения корректив в последний вывод. Амплитуда годового хода температуры за период с 1937 по 1997 гг. падала за счет роста, в первую очередь, минимальных (зимних) температур на 2,0–2,5 °C.

На фоне потепления климата почти повсеместно увеличивается число дней с экстремально высокими суточными температурами воздуха; растет продолжительность непрерывных эпизодов с экстремально высокой температурой (тепловые волны) или с температурой, превышающей определенное значение. Более часто стали отмечаться случаи, когда крайне высокая температура сопровождается высокой влажностью воздуха, т. е. климат становится похожим на тропический.

Потепление климата сопровождается ростом средних максимальных значений температур, минимумов и максимумов температуры, а также дисперсии выборки. Еще более существенные различия статистических характеристик максимальных температур существуют для засушливых лет (1979, 1992, 1994, 1999, 2002, 2010) и холодных (влажных) лет (1962, 1974, 1977, 1978, 1980, 1984).

Возможные причины полученных различий в изменении максимальных и минимальных температур, а также амплитуды суточного хода температуры в городе и пригороде связаны с изменением облачности, газового и аэрозольного состава атмосферы. Разность амплитуд суточного хода температуры «город–пригород» увеличилась от 0,5 °C в 60-е гг. до 0,7 °C в 90-е гг. XX в. Соответственно величину 0,5–0,7 °C следует считать антропогенной «поправкой» в современное изменение климата. Летом данная «поправка» достигает около 1°C, а зимой сильно уменьшается. Это может означать, что на урбанизированных территориях современное потепление климата в теплое время года за счет парниковых газов в значительной мере демпфируется аэрозольным загрязнением в городе. Зимой, когда повторяемость пасмурного неба составляет в среднем 70 %, вклад аэрозольного загрязнения в изменение температуры минимален. Аэрозольное демпфирование потепления в это время го-

да оказывается также минимальным, и увеличение температуры, связанное с ростом содержания парниковых газов в атмосфере, становится наиболее заметным. Аэрозоли также усиливают потепление ночью (зимой) за счет уменьшения эффективного длинноволнового излучения (увеличения противоизлучения) от более загрязненной атмосферы урбанизированных районов. Основная же причина более яркого проявления парникового эффекта зимой являются термодинамические условия в атмосфере, которые способствуют проявлению парникового эффекта в данное время года.

Известно, что на материках происходит более активное усвоение длинноволновой радиации по сравнению с коротковолновой. Это подтверждается большой интенсивностью потепления ночью (зимой) и более сильным современным потеплением в центрах материков, а также снижением амплитуд суточного годового хода температуры. Даже небольшое долготное различие восточных и западных границ Беларуси позволяет установить небольшую разницу в асимметрии температуры на западных и восточных границах республики. Известно, что над океаническими районами поглощение прямой солнечной радиации происходит в слое, а длинноволновой – в поверхностной пленке, что стимулирует рост испарения и, следовательно, некоторое снижение температуры поверхности океана по сравнению с поверхностью суши.

Большое внимание в наших исследованиях уделялось такому дискуссионному вопросу, как оценка вклада городских «островов тепла» в современное потепление климата. Полученные для территории Беларуси результаты свидетельствуют о том, что если исключить эффект урбанизации в приростах сумм температур в крупных городах юга Беларуси, то достаточного основания для выделения четвертой агроклиматической зоны не просматривается.

Оценки эффекта урбанизации, полученные с помощью статистического моделирования сумм положительных температур выше 0, 5, 10 и 15 °C за 1986–2005 гг., базировались на установленной близкой к функциональной зависимости термических показателей от широты, долготы и абсолютной высоты местности. Отклонения от расчетных значений температуры оказались отрицательными на станциях Нарочь, Полесская, Брагин, Березинский заповедник и приурочены к крупным водоемам, массивам торфяников и лесов, а положительные аномалии – к крупным городам. Средние значения температур воздуха в крупных городах Беларуси больше, чем в сельской местности (малых городах) на 0,24–0,29 °C, т. е. эффект урбанизации (островов тепла) в среднегодовом потеплении климата Беларуси за последние 20–30 лет весьма существенен.

3. Изучение повторяемости и пространственно-временных изменений экстремальных погодных и климатических явлений. Особенно детально результаты исследований условия формирования, изменения повторяемости экстремальных климатических явлений представлены в работах [3, 19, 23, 25, 26, 38].

К наиболее опасным климатическим явлениям относятся засухи, наводнения, экстремально холодные и теплые зимы. В совокупности с такими опасными метеорологическими явлениями, как заморозки и шквалы, они наносят наибольший ущерб экономике.

Как показали результаты исследований, засуха на территории Беларуси может возникать в любое время с апреля по август. Строгой цикличности в возникновении засух не отмечается. Они могут случаться ежегодно (1968, 1969; 1985, 1986; 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1999, 2000), через 2 года (1969, 1971; 1979, 1981; 1990, 1992; 2002, 2004, 2006), через 3 года (1976, 1979, 1996, 1999, 2002), через 4 года (1981, 1985; 1986, 1990), через 5 лет (1971, 1976). Особенno часто (1 раз в 2 года или даже каждый год) засухи отмечались в период с 1992 по 2010 г. Засушливые явления носят, как правило, локальный характер: в 15 % лет засушливые явления охватывают менее 10 % площади, в 9 % лет – 26–40 % площади, в 6 % – 41–55 площади, в 3 % лет – более 62 % площади.

На основании результатов исследования условий формирования экстремальных климатических явлений, особенностей их пространственно-временных изменений [25] можно сделать следующие выводы.

Число засух в период потепления климата увеличилось во всех без исключения областях Беларуси. Особенno существенный рост числа засух произошел в Витебской области, что следует из теории климата: более выраженный рост температуры при потеплении климата должен наблюдаться в высоких широтах. В этой связи в южных областях – Гомельской и Брестской – рост числа засух при потеплении климата оказался незначительным.

1. В самой северной области Беларуси – Витебской – максимум засушливости в период потепления климата несколько смещается на середину–конец лета (июль–август), что делает условия уборки зерновых культур в данной области благоприятными.

2. Крупным засухам (1979, 1992, 1994, 1999, 2002, 2010 гг.) предшествует влажный октябрь (в пяти случаях из шести). В целом крупным засухам предшествует влажный холодный период года (октябрь–март). В пяти случаях из шести количество выпадающих осадков в октябре–марте было выше перед крупной засухой.

3. Более отчетливым признаком формирования будущей засухи являются аномалии ув-

лажнения территории Беларуси в апреле: они в подавляющем числе случаев оказались отрицательными перед крупными засухами.

4. Низкое увлажнение территории Беларуси в апреле является явным признаком развития крупных летних засух. Для взятой выборки крупных засух средняя увлажненность территории страны в апреле была ниже нормы на 25 %, 24 % и 16 % соответственно на севере, центре и юге страны.

За исследуемый 52-летний период (1960–2011 гг.) очень редки засухи в апреле и сентябре на всей территории Беларуси. Наибольшая повторяемость засух отмечается в мае–августе в Гомельской, Брестской и Минской областях. Особенno велика повторяемость засух в этих областях в мае–июне, а в Гомельской области близкая повторяемость засух сохраняется еще и в июле и августе. Частота засушливого августа незначительно изменяется по регионам Беларуси, увеличиваясь на юго-востоке и севере страны.

Анализ повторяемости засухи в отдельных областях с мая по август показал, что в южных областях чаще всего засухи возникают в июне; в Гомельской области высока их повторяемость и в другие месяцы. В Минской области преобладают засухи в мае и июне, в Витебской и Гродненской областях – в августе. В Могилевской области повторяемость засух по месяцам отличается несущественно, несколько увеличиваясь в июне и августе.

Временные особенности в повторяемости засух следующие. В 60-е гг. наиболее подвергались засухам южные области страны (Брестская и Гомельская). В 70-е гг. XX в. количество засух оказалось практически одинаковым во всех областях страны. В 1980-е гг. минимальное число засух отмечалось в Гродненской области и совсем не наблюдались засухи в Витебской области. Это означает, что 80-е гг. прошлого столетия были в целом благоприятные для сельскохозяйственного производства на территории Беларуси. Исключительными по степени засушливости оказались 90-е гг. XX в. для всех областей страны. В последнее десятилетие (2001–2010 гг.) количество засух уменьшилось в большинстве областей до двух и менее, а в Гомельской области – вернулось к среднему уровню: четыре засухи за десятилетие. В конце десятилетия отмечена мощная засуха 2010 г.

Если рассмотреть повторяемость засух в отдельных областях Беларуси, то безусловным лидером по этому показателю являются Гомельская и Брестская области. Им совсем немного уступает Минская область. В целом на территории Беларуси выявлены два периода высокой засушливости: 60-е и 90-е гг. XX в. И если в 60-е гг. засушливые периоды чаще отмечались на юге страны, то в 90-е гг. засухам подвергались

все регионы республики с равной повторяемостью: каждый год или через один–два года.

Необходимо отметить особенности повторяемости засух в различных областях Беларуси в период, предшествовавший потеплению климата (1960–1987 гг.), и в период потепления климата (1988–2011 гг.). В первый период частота возникновения засух была ниже на всей территории Беларуси, особенно в Витебской области. Чаще всего засухи наблюдались в Гомельской области как в первый, так и во второй периоды, причем их повторяемость была близкой по величине. Если сравнивать повторяемость засух для двух периодов по областям, то максимальное увеличение вероятности засух в период потепления отмечалось в Витебской области, чуть меньшее – в Гродненской и Могилевской областях (около 13 %), Минской области (около 10 %). Наименьшими были эти отличия в Гомельской (около 4 %) и Брестской областях (6 %).

Таким образом, можно однозначно утверждать, что в период современного потепления повторяемость засух возросла. Особенно ее сильный рост отмечается в северной части территории страны, а наименьший – на юге страны. Это согласуется с основным положением теории климата о более значительном росте температуры в высоких широтах при потеплении климата.

Выявлено, что большие положительные аномалии температуры в высоких широтах в последние два–три десятилетия привели к ослаблению градиента температуры «экватор–высокие широты», более частому формированию процессов блокирования при интенсивном развитии восточной формы циркуляции и, как следствие, высокой повторяемости засух на Европейской территории СНГ, в том числе и на территории Беларуси. В последние три года наметилась тенденция к некоторому понижению среднегодовой температуры высоких широт. Если данная тенденция сохранится, то повторяемость засух должна вскоре уменьшиться.

Результаты пространственно-временного анализа распределения заморозков с 1960 по 2006 гг. показали, что они встречаются на территории страны повсеместно и наблюдаются практически ежегодно с конца апреля–мая по октябрь. Исключение составили только 1975–1979 гг., для которых заморозки не зафиксированы. Установлено смещение частоты заморозков в годовом разрезе. В период с 1960 до середины 1970-х гг. заморозки отмечены в основном в мае и сентябре, с 1980-х гг. увеличилась частота заморозков в июне и октябре. Выявлено количество дней с заморозками для каждой области. В основном отмечается до 5 дней/год с заморозками (Брестская, Гродненская, Минская и Могилевская области). Преобладание 6–10 дней/год с

заморозками характерно для Витебской и Гомельской областей.

За временной отрезок с 1967 по 2006 гг. заморозки на территории Беларуси чаще всего наблюдаются в мае и сентябре, значительно снижается их вероятность в июне. Единичные случаи этого явления зафиксированы в июле и августе. Последние два десятилетия (1987–1996 и 1997–2006 гг.), по сравнению с предшествующими (1967–1976 и 1977–1986 гг.), отличаются более высокой повторяемостью заморозков с мая по сентябрь во всех регионах страны. Особенно хорошо данная тенденция прослеживается для поздних весенних заморозков в Витебской, Гродненской и Могилевской областях и для ранних осенних заморозков – в Брестской, в меньшей степени, Минской областях.

В последние годы существенно увеличилась повторяемость ранних осенних заморозков в Брестской области, в меньшей степени – в Минской области. Во многих регионах Беларуси частота заморозков в сентябре повысилась в основном в последнее десятилетие. Исключение составляет Витебская область, в которой данная тенденция выражена слабо.

Таким образом, последние два десятилетия отличаются повышенной повторяемостью заморозков в мае–сентябре на всей территории Беларуси. Особенно четко это прослеживается в Брестской области.

Анализ числа заморозков в северной, центральной и южной частях страны показал, что число заморозков в последние десятилетия выросло по сравнению с домелиоративным периодом, особенно в центральной и южной частях страны. Если в период с 1946 по 1964 г. количество заморозков на севере Беларуси было в 2,2 раза больше, чем на юге, то в последние десятилетия вышеупомянутое соотношение уменьшилось до 1,5–1,0 раза.

Повторяемость как весенних, так и осенних заморозков на осушенных торфяниках более чем в 2 раза превышает число заморозков над супесчаными почвами юга республики. Даже в июне заморозки на торфяниках наблюдались каждые 2–3 года, в то время как на минеральных почвах они регистрируются на юге в среднем 1 раз в 20–50 лет. Возможны заморозки на торфяниках и в июле, тогда как на минеральных почвах заморозки в этот месяц за последний 50-летний период не регистрировались. Средняя продолжительность безморозного периода над осушенными торфяниками на 15–20 дней меньше, чем над минеральными почвами юга республики. В отдельные годы заморозки на почве в южных районах даже интенсивнее, чем в северных районах.

Таким образом, мелиорация южных районов страны привела к увеличению площади морозоопасных территорий. Последние вызывают определенное охлаждение и соседних с мине-

ральными почвами территорий. Это яркий пример влияния хозяйственной деятельности на климат в локальном и региональном масштабах.

Анализ повторяемости суровых зим на территории Беларуси, а также на Европейской территории СНГ показывает [22, 24, 43], что наибольшая повторяемость суровых зим за период с 1900 по 2009 гг. приходится на эпохи интенсивного развития восточной и меридиональной форм циркуляции атмосферы по Вангенгейму–Гирсу (1929–1985 гг.), а наибольшее число теплых зим пришлось на две эпохи развития западной формы циркуляции (1900–1928 гг. и 1996–2009 гг.).

В формировании холодных и теплых зим важное значение имеет такой крупномасштабный циркуляционный феномен, как Северо-Атлантическое колебание, определяемое взаимодействием океана и атмосферы. Интенсивное таяние арктических льдов приводит к распреснению вод Северной Атлантики. Появление новой соленостной аномалии и замедление скорости течений системы Гольфстрим может быть предвестником холодных зим.

Анализ распределения холодных зим по фазам глобального потепления климата показывает, что большое число холодных зим пришлось на период потепления Арктики (1910–1945 гг.). Особенно холодные зимы отмечались в годы, когда оно достигло своего максимума. Холодные зимы 1984–1985, 1995–1996 и 2009–2010 гг. также пришлись на период современного интенсивного глобального потепления и потепления в высоких широтах. Предыдущее потепление климата, известное как потепление Арктики, также сопровождалось увеличением числа самых холодных зим в Беларуси (1928–1929, 1939–1940, 1940–1941, 1941–1942 гг.) [25].

Исследование показало, что подавляющее число холодных зим совпало с низкими значениями индекса Северо-Атлантического колебания (САК) в декабре–марте. Эти результаты вполне объяснимы: низкие значения индекса САК отвечают слабому переносу теплого и влажного воздуха с Северной Атлантики на территорию Беларуси зимой, а следовательно, способствуют формированию холодных зим. Исключение составляли зимы 1906–1907 и 1911–1912 гг., когда значение индекса САК было существенно выше нормы.

Теплые зимы самого конца 80–90-х гг. прошлого столетия и начала XXI в. приходились на высокие значения индекса САК, особенно высокие значения которого отмечались в 1989–2000 гг. Зима 2009–2010 гг. также наблюдалась в период более мощного современного потепления по сравнению с эпохой предыдущего потепления Арктики в 20–40-е гг. прошлого века.

Следует отметить, что большее число теплых зим пришлось на период текущего потепления климата в Беларуси и глобальном масштабе

(11 из 18 случаев). На годы первого потепления климата, известного как потепление Арктики, пришлось только две теплые зимы (1913–1914, 1924–1925 гг.). Это свидетельствует о том, что первое потепление относится к потеплению летнего типа, тогда как текущее потепление более ярко проявляется в зимнее время [7, 19].

При случайному распределении на текущую эпоху потепления климата должно приходить не более 4 теплых зим, а в реальности их наблюдалось почти в 3 раза больше.

Анализ опасных метеорологических явлений (ОМЯ) на территории Беларуси за период с 1975 по 2008 г. и их картирование, выполненные автором статьи, а также сотрудниками Брестского государственного технического университета А. А. Волчеком, И. Н. Шпокой позволили получить следующие результаты [26].

В многолетнем ходе среднего годового количества дней с ОМЯ отмечается рост количества ливневых дождей, шквалов, гололеда. Число дней с грозами и инеем не содержит трендовых компонент. Уменьшилось количество дней с градом, туманами, изморозью и метелями, с сильными морозами, снегопадом и заморозками. Анализ числа ОМЯ в разные пятилетние периоды показал, что за последние годы увеличилось число гололедных явлений, дождей ливневых, число дней со шквалами и инеем, но зато уменьшилось число дней с изморозью, градом, метелями и туманами. Количество дней с грозами было максимальным в конце 80-х и конце 90-х гг. прошлого века – начале текущего века.

Анализ других ОМЯ (сильные морозы, сильная жара, заморозки) показал, что число дней с сильными морозами уменьшилось, а число дней с сильной жарой и заморозками (особенно в южной, мелиорированной части страны) возросло. Таким образом, установлены разнонаправленные, в большинстве случаев статистически незначимые тренды ОМЯ.

Примерно 80 % случаев опасных явлений приходится на теплый период года (V–IX) – заморозки, шквалы, сильные ливни, град – поскольку в это время отмечается активная конвективная деятельность. Особенно ярко ее влияние проявляется для группы явлений, связанных с ветром (сильные ветры, шквалы, смерчи). Не меньший вклад оказывают явления, связанные с осадками в теплый период года (сильный дождь, продолжительный дождь, ливень, град).

Таким образом, число ряда опасных метеорологических явлений на территории Беларуси с потеплением климата растет (шквалы, ливневые дожди, заморозки в южной части страны на мелиорированных территориях, гололед, иней (запад страны), засухи, сильная жара), других – падает (град, туман, иней (восток страны), изморозь, сильный снегопад, метели, сильный мороз), а для повторяемости отдельных ОМЯ какие-либо

заметные положительные или отрицательные тренды отсутствуют (грозы). Для всех ОМЯ характерно наличие циклических колебаний с доминирующими частотами 2–3, 5–7 и 11–15 лет.

4. Оценка уязвимости и разработка мер по адаптации различных отраслей экономики к изменяющемуся климату. Наиболее уязвимым к изменяющемуся климату является сельское хозяйство. Экспертные оценки показывают, что погодные и климатические условия приводят к изменению валового продукта сельского хозяйства в Беларуси, как минимум, на 15–20 %, производства мяса и молока – на 10–15 %, затрат на производство крупного рогатого скота и свиней – на 5–15 %. При развитии мощных засушливых явлений возрастают расходы, связанные с незапланированной обработкой земли, пересевом зерна на больших площадях, дополнительным использованием техники, горючего, не предусмотренной оплатой труда и т. д. Затраты на производство зерновых культур во время крупных засушливых явлений возрастают по сравнению с благоприятными годами на 15–20 %. Это приводит к существенному снижению производительности труда в сельском хозяйстве приблизительно на такую же величину.

Потенциальный ущерб от неблагоприятных погодных и климатических условий для стран умеренной зоны наибольший в сельскохозяйственном производстве (около 70 %). При принятии защитных мер он может быть снижен на 35–40 %. Процент потенциального ущерба, на долю каждой из отраслей: авиации, строительства, электроэнергетики, коммунального хозяйства, водного и лесного хозяйства, обрабатывающей промышленности, транспорта – колеблется от 0,1 до нескольких процентов от валового национального дохода.

Воздействия климата на сельское хозяйство осуществляются по двум схемам – через изменение частоты опасных и особо опасных явлений погоды, а также через тенденции–тренды, отражающиеся в осредненных показателях сельскохозяйственного производства.

Увеличилась продолжительность периода вегетации на большей части территории республики от 5 до 10 дней, однако не наблюдается увеличения продолжительности периодов без заморозков, что особенно заметно в южной, мелиорированной части территории страны, где количество заморозков стало соизмеримым с количеством заморозков в северных регионах. Это означает, что мелиорация Полесья и сброс избыточных вод в океан в результате мелиорации вместо того, чтобы аккумулировать избыточную воду в водохранилищах, был ошибкой. Последние могли бы смягчить засухо- и заморозкоопасность. Еще в середине прошлого столетия профессор В. В. Цинзерлинг предупреждал, что сброс избыточной воды с Полесской низменно-

сти может привести к формированию засух вследствие уменьшения роли местного испарения в общем влагообороте воды.

Выполненные для Беларуси исследования [7, 20] показали, что положительные аномалии первых весенних месяцев приводят к более раннему сходу снежного покрова и переходу температуры воздуха через 0 °C в сторону повышения. В среднем за период потепления климата этот переход происходил на 13 дней раньше средних многолетних значений – в начале марта в Брестской и середине марта в Витебской и Могилевской областях. В ряде лет переход через 0 °C отмечен в феврале, а в 1989, 1990 и 2002 гг. – в январе. Ранний устойчивый переход через 0 °C способствовал и более раннему установлению мягкопластичного состояния почвы и началу полевых работ. На декаду раньше начинался вегетационный период. Сумма активных температур выше 5 и 10 °C увеличилась в среднем соответственно на 110 и 60 °C, а изолинии сумм данных температур сдвинулись к северу примерно на 100 и 60 км.

Отрицательные аномалии мая повысили опасность поздних весенних заморозков, которые нанесли значительный ущерб сельскохозяйственному производству. Отмечались случаи, когда температура первой декады мая оказывалась на 3–7 °C ниже температуры третьей декады апреля.

На основании результатов последнего исследования пространственно-временных изменений экстремальных климатических явлений [25] установлено следующее.

Разность сумм температур выше 10 °C в засушливые и влажные прохладные годы на большей части территории Беларуси достигает более 400 °C, т. е. страна во влажные прохладные годы оказывается в условиях, характерных для Северной агроклиматической области Беларуси, а в засушливые годы – в условиях Южной агроклиматической области нашей страны или северо-запада Украины.

Разность сумм температур выше 15 °C в рассматриваемые группы лет на значительной площади составляет 350 °C и более. Вес июля в формировании указанных сумм температур составляет 37–46 % (130–160 °C).

Агроклиматическая оценка неблагоприятных погодно-климатических условий на территории Беларуси за период 1960–2003 гг. [1, 2] показала, что вклад климатических факторов в изменчивость урожайности озимых и яровых зерновых культур, картофеля, кукурузы на силос возрастает до максимального значения (43–72 %) в северном регионе Беларуси и сводится к минимуму (23–37 %) – в западном. В Витебской и Гродненской областях отмечено наибольшее различие показателя для яровых зерновых и кукурузы на силос (37–44 %). Выявлены высокая

доля погодно-климатических условий в общей дисперсии урожайности льна-долгунца в восточном, северном и центральном регионах (63–75 %) и ее уменьшение в Брестской области (до 36 %).

При высоком бонитете пахотных земель (на примере Несвижского района) отмечено уменьшение вклада погодно-климатических условий в колебание урожайности озимой ржи и яровых зерновых на 14–17 %, льна-долгунца – на 20 %, кукурузы на силос и озимой пшеницы – на 24–27 %.

Установлена средняя величина значительных климатически обусловленных снижений (отклонений от тренда) урожайности культур с 1960 по 2003 гг., которая составила для озимой ржи – 32 % (6,1 ц/га), озимой пшеницы – 30 % (6,8 ц/га), ярового ячменя и овса – 37 % (8,0 и 6,9 ц/га). Существенные недоборы урожаев картофеля и льна-долгунца оцениваются в среднем в 42–44 % (соответственно 43,2 и 2,1 ц/га), сахарной свеклы – 28 % (74,1 ц/га), кукурузы на силос – 61 % (118,3 ц/га). Как правило, относительная величина потерь урожаев культур возрастает в северном и восточном направлениях.

На всей территории страны наиболее частыми причинами снижения урожайности культур с 1990-х гг. являются засухи, а также заморозки в первой половине вегетационного периода. Продолжительные засухи (1999, 2002 гг.), охватывающие май–июль, оказались наиболее жесткими по проявлению в сельскохозяйственном производстве. Засухи 1992 и 1994 гг. более выражены в июле–августе, и поэтому их влияние на сельскохозяйственное производство оказалось меньшим.

Согласно результатам исследований [25], снижение средней по Беларуси урожайности на 20 % и более для зерновых культур, картофеля, кукурузы на силос наблюдается в отдельные влажные прохладные и засушливые годы, тогда как значительные потери урожаев льна-долгунца и сахарной свеклы чаще отмечаются в годы с засухами.

Наибольшая величина снижения урожайности озимых зерновых культур и сахарной свеклы, яровых зерновых, льна-долгунца характерна для засушливых лет: соответственно 34,2–37,2 %, 44,8–46,5 %, 50,5 %. Максимальное снижение урожайности картофеля (37,2 %) и кукурузы на силос (82,6 %) отмечены во влажные годы. В большинстве засушливых лет их величина составила для картофеля 29,2–34,8 %, для кукурузы на силос – 14,2–54,6 %.

Предложена методика оценки гибели посевов сельскохозяйственных культур с использованием статистической информации по посевным площадям, валовым сборам и урожайности сельскохозяйственных культур с убранный площади за современный период [12].

Для группы зерновых и зернобобовых культур в целом наблюдается снижение гибели посевов, а ее размеры даже в самые неблагополучные годы не превышали 5 % посевной площади и валового сбора зерна. Вместе с тем размеры неубранных площадей гречихи на территории Беларуси составили от 20 до 47 %. На фоне резкого сокращения площадей картофеля в сельскохозяйственных организациях Беларуси наблюдается рост гибели посевов (9,7–10,7 %) и потеря валовых сборов. Отмечается высокая гибель посевов овощных культур (в среднем 20 %), снижение гибели посевов льна и потеря сборов льноволокна (более 10 %), тогда как в 1990 г. они достигали соответственно 23,9 % и 31,5 %. При мерно на этом же уровне, но с тенденцией к снижению находятся показатели гибели посевов у рапса. С увеличением посевных площадей и урожайности сахарной свеклы отмечается увеличение гибели посевов и потеря продукции.

Исследования устойчивости урожайности сельскохозяйственных культур к климатическим изменениям [8] позволили выявить негативную тенденцию в устойчивости продуктивности картофеля, свидетельствующую о том, что потепление климата является отрицательным фактором развития картофелеводства в республике.

Под руководством доктора географических наук Г. И. Сачка [45] выполнена комплексная оценка факторов и условий формирования урожайности основных сельскохозяйственных культур в системе «(почва + климат + удобрения) → урожай», построены адекватные модели продуктивности. Разработан компьютерный картографический метод исследования территориальной однородности/неоднородности страны по комплексу показателей (признаков). Этот метод позволил получить картосхемы районирования территории страны и регионов и выполнить анализ современной территориальной изменчивости урожайности основных возделываемых в Беларуси сельскохозяйственных культур, которые можно рассматривать как территориальные нормализованные модели продуктивности в условиях изменяющегося климата, способствующие решению вопроса оптимального размещения посевов [9].

При разработке мер по адаптации сельского хозяйства к изменяющемуся климату надо принимать во внимание следующие обстоятельства.

Сценарные оценки изменения температуры, осадков и скорости ветра на XXI столетие, полученные с использованием модели ОЦА *Had CM2* (Великобритания), следующие. В середине XXI в. (2040–2069 гг.) средняя годовая температура по сравнению с 90-ми годами XX в. увеличится на 2,2 и 1,8 °C соответственно при учете воздействия парниковых газов и совместного воздействия парниковых газов и сульфатных аэ-

розолей. Максимальная температура возрастет соответственно на 2,2 °С и 1,7 °С, а минимальная – на 2,5 и 2,0 °С.

Количество осадков в северной и центральной части страны может увеличиться, а в южной части – уменьшиться, скорость ветра уменьшиться при учете совместного воздействия парниковых газов и сульфатных аэрозолей [19].

Рост продуктивности сельскохозяйственного производства может быть обеспечен за счет расширения посевов более теплолюбивых и соответственно более урожайных культур, таких как кукуруза на зерно, подсолнечника, позднеспелых сортов картофеля, свеклы, более теплолюбивых кормовых культур (сои, люцерны и др.). Это можно будет осуществить на большей части территории страны. Посевы пожнивных культур укрепят кормовую базу животноводства. Однако условия для размножения и развития вредителей и болезней при потеплении климата потребует одновременного увеличения применений удобрений, химических и биологических средств защиты. Рост температуры еще на 1 °С в первой четверти текущего столетия приведет к росту теплообеспеченности сельскохозяйственных культур; сумма температур выше 10 °С возрастет на величину около 350 °С.

Положительные последствия изменений средних характеристик климата для сельскохозяйственного производства могут быть сведены на нет прогнозируемым ростом изменчивости и увеличением вероятности повторяемости экстремальных погодных и климатических явлений. За ростом засушливости на юге страны последует необходимость проведения адаптационных мер по расширению посевов более засухоустойчивых озимых зерновых культур, а также кукурузы, подсолнечника, проса и др.

Повышение среднегодовой температуры на 1 °С (в течение всего периода) приводит к увеличению вегетационного периода на 10 дней и суммы температур на 200 °С, что соответствует сдвигу по широте (к северу) более южных климатических условий на 150–200 км. Тем самым изменится климатическая (природная) зональность страны, агроклиматическим аналогом Беларуси по теплообеспеченности становится современная лесостепь Украины, произойдет существенный сдвиг дат фенофаз (особенно весной), удлинится вегетационный период. Однако сохраняется опасность поздневесенних (майских) и раннеосенних заморозков, что потребует соответствующей селекционной работы по получению заморозкоустойчивых и засухоустойчивых сортов традиционных культур.

Уменьшится продолжительность столового периода и улучшатся условия перезимовки скота, по-видимому, снизится продуктивность естественных пастбищ и урожайность сеянных трав из-за засушливых периодов с повышенным

температурным фоном. В целом для животноводства отмеченные изменения климата будут благоприятными.

Потребуются существенные меры по расширению орошаемого земледелия.

На фоне возможных изменений климата возникает необходимость и важность учета влияния изменяющихся агроклиматических условий. При этом следует учитывать следующие обстоятельства:

- в результате роста среднегодовой температуры воздуха увеличится повторяемость экстремальных уровней тепла и влажности, что отрицательно скажется на развитии сельскохозяйственных культур. Снижение урожайности основных сельскохозяйственных культур из-за неблагоприятных погодных условий может достигнуть в отдельных районах 50–60 %. Основное падение урожайности (особенно яровых зерновых культур) будет вызвано засушливыми условиями;

- увеличение повторяемости теплых зим за последние годы привело к существенным изменениям условий перезимовки озимых культур.

Отмеченные выше изменения основных агроклиматических характеристик требуют разработки соответствующих планомерных мер адаптации сельскохозяйственного производства. Эти меры должны основываться на проведении соответствующих научных исследований, поддержанных в различных формах государством (прямое финансирование, гранты, кредиты и т. п.). Необходима разработка стратегии сельскохозяйственного производства, учитывающей новые агроклиматические условия. Научные исследования должны охватывать все направления сельскохозяйственного производства – от определения оптимальных сроков проведения агротехнических работ до выбора и селекции оптимальных сортов, соответствующих новым условиям.

В частности, увеличение продолжительности и теплообеспеченности вегетационного периода открывает следующие возможности:

- использование более урожайных позднеспелых сортов и зерновых культур и овощей;

- сдвиг сроков сева яровых культур на более раннее время. Это позволяет более эффективно использовать запасы влаги в почве после весеннего снеготаяния, приведет к более раннему созреванию урожая, что увеличит возможности пожнивного земледелия. Но необходимо учитывать риск майских заморозков: культуры должны быть морозоустойчивыми;

- продвижение на север зоны выращивания теплолюбивых овощных культур – огурцов, томатов;

- расширение площадей возделывания ярового рапса.

В связи с увеличением засушливости необходимо:

- усиление работ по созданию новых сортов и расширению использования засухоустойчивых культур;
- расширение регионов орошаемого и поливного земледелия;
- дальнейшее развитие системы страхования от последствий засух;
- расширение посевных площадей кукурузы и проса.

Теплые зимы будут способствовать лучшей перезимовке вредителей, возбудителей болезней растений, росту сорной растительности. Все это потребует разработки новых мер борьбы с вредителями, защиты растений.

Следовательно, без решения вопросов прогнозирования изменений климата в глобальном и региональном масштабах, оценки их социально-экономических последствий и разработки мер по адаптации различных отраслей экономики к изменяющемуся климату нельзя решить проблемы экономической, продовольственной и экологической безопасности в стране.

В целом улучшение теплообеспеченности сельскохозяйственных культур является положительным фактором для их производства. В структуре посевных площадей будет происходить увеличение веса теплолюбивых и засухоустойчивых культур, по крайней мере, в южной и центральной частях страны. В группе зерновых культур будет отдаваться предпочтение озимым, способным в максимальной степени использовать запасы почвенной влаги и меньше страдающим от летней засухи. Несколько худшие условия развития будут складываться для картофеля, льна и некоторых овощных культур. Рост температуры во второй половине лета и начале осени увеличит теплообеспеченность пожнивного периода и хорошие условия для развития пожнивных культур. Однако увеличение повторяемости поздневесенних и раннеосенних заморозков, а также большая уязвимость посевов из-за увеличения числа вредителей потребуют проведения адаптационных мер, направленных на предотвращение потерь от указанных негативных последствий изменений климата.

При проявлении погодных экстремальных условий, таких как ураганы, шквалистые ветры, как правило, невозможно избежать их отрицательных последствий ни подбором культур, ни технологиями возделывания.

В зоне достаточного увлажнения, к которой будет относиться большая территория нашей страны, адаптационные экономические меры должны быть направлены на использование дополнительных тепловых ресурсов посредством:

- увеличения применения удобрений и средств химизации, эффективность которых повышается в условиях потепления климата;

- расширения посевов более позднеспелых и более урожайных видов (сортов) зерновых культур, кукурузы, подсолнечника, позднеспелых сортов картофеля, расширения свеклосеяния, увеличения доли более теплолюбивых видов кормовых культур – сои, люцерны и др.;
- повышения удельного веса животноводства, базирующегося на возрастающей в связи с потеплением климата кормовой базе.

Для реализации потенциальных преимуществ потепления климата необходим пересмотр системы кадастровой оценки земель. В Витебской области оценка станет несколько выше, а в Брестской, где легкие и мелиорированные почвы, – ниже.

Рассмотренный выше вопрос – это только часть более общего вопроса – адаптивной интенсификации системы земледелия в стране.

В условиях изменяющегося климата первостепенную значимость в Беларуси приобретает необходимость практической реализации стратегии экономически целесообразной адаптивной интенсификации системы земледелия [7, 20], заключающейся в улучшении показателей плодородия и фитосанитарного состояния белорусской почвы при увеличении эффективности использования возобновляемых и антропогенно малозатратных сил природы для получения экономически оправданного, экологически безопасного, качественного для потребления урожая растениеводческой продукции при нормативном материально-техническом обеспечении технологических процессов.

Создание такой системы связано с улучшением естественного плодородия почв, почвенно-климатической специализации растениеводства, использованием обоснованного набора культур и рационального (в том числе ландшафтно-контурного) севооборота, азота бобовых, растений–почвоулучшителей, генетически устойчивых сортов, смешанных посевов с использованием ландшафтных преимуществ, соблюдением оптимальных сроков выполнения технологических операций, фитоценотических мер борьбы с сорной растительностью и т. д.

В настоящее время государство пока полностью не отошло от экономической политики прошлого. Сельскохозяйственные предприятия по-прежнему существуют на территориях, где низкий бонитет почв и соответственно низкая урожайность, т. е. там, где земледелие не является экономически эффективным; малопродуктивные земли медленно выводятся из сельхозоборота; сельскохозяйственная деятельность с минимальными ограничениями начала практиковаться на радиоактивно загрязненных землях; на торфяных землях продолжают интенсивно возделываться пропашные и зерновые культуры (вместо развития луговодства); не достигнуто должной оптимизации посевных площадей на

основе полного учета почвенно-климатических условий; ведется активная сельскохозяйственная деятельность в поймах рек, несмотря на огромные потери от наводнений; продолжается распашка и выращивание сельскохозяйственной продукции вдоль автомобильных дорог, где придорожные полосы загрязнены тяжелыми металлами и другими химическими веществами первого и второго классов опасности. Все вышеизложенное увеличивает риски. Их снижение связано с решением адаптивной интенсификации системы земледелия. Сравнительный анализ многолетней урожайности озимой и яровой пшеницы в Беларуси, Польше, Германии, Великобритании и Нидерландах [20] показывает, что мы располагаем большими резервами.

Анализ урожайности озимой и яровой пшеницы по группам стран, имеющих разный климатический потенциал и разный уровень культуры земледелия, показал, что средняя урожайность пшеницы за период 1946–2007 гг. составила: в Беларуси – 17,4 ц/га, Польше – 26,7, Германии – 48,1, Великобритании – 52,6, Нидерландах – 58,8 ц/га.

Соотношение урожайности пшеницы в Беларуси и других странах испытывает существенные изменения, достигая более чем трехкратной величины. Климатический потенциал, исходя из данных, приведенных в работе Л. В. Кукреши, изменяется менее значительно. Если климатический потенциал нашей страны принять за единицу, то отношение потенциала Беларуси составляет 77 %, 59, 67 и 56 % от климатического потенциала соответственно Польши, Германии, Великобритании и Нидерландов.

Оценка уровня развития технологии сельскохозяйственного производства нашей страны отличается особенно сильно от оценок уровня технологий Германии, Великобритании и Нидерландов, но в перспективе она может приблизиться к оценке технологии сельскохозяйственного производства в Польше.

Наиболее показательно совместное влияние на урожайность пшеницы климатического потенциала и совершенства технологии сельскохозяйственного производства (в более широком смысле культуры земледелия, которая включает и организацию производства) выражены в фактической урожайности пшеницы в сопоставляемых странах.

Если скорость роста урожайности в Беларуси и Польше не имеет существенных различий, о чем свидетельствует и незначительное отличие разности фактической урожайности пшеницы в Беларуси и Польше (около 10 ц/га), то сравнение урожайности пшеницы в Беларуси и урожайности пшеницы в Германии, Великобритании и Нидерландах показывает системное отставание сельскохозяйственного производства в Беларуси. Исключение составляют последние несколько

лет, когда разности урожайности пшеницы в Беларуси и указанных странах оставались практически на одном уровне. Следует отметить, что последние годы были благоприятными для сельскохозяйственного производства на территории Беларуси.

5. Разработка глобальной и национальной политики, стратегии и мер по уменьшению антропогенного воздействия на климат. Принимая во внимание, что основным фактором современного потепления климата признаны парниковые газы, на III Конференции Сторон РКИК (Киото, декабрь 1997 г.) принят Киотский протокол к РКИК, в котором зафиксированы определенные количественные обязательства по сокращению выбросов парниковых газов для промышленно развитых стран и стран с переходной экономикой.

Анализ сущности Киотского протокола, предварительных итогов его выполнения и перспектив борьбы с потеплением климата показал, что успешной реализации условий Киотского протокола не способствовало и то обстоятельство, что ряд видных ученых, начиная с 80-х гг. и в последующие годы указывали на невозможность дать объективную оценку антропогенной составляющей глобального изменения климата для открытой динамической климатической системы при современном уровне знаний. Это породило определенный скептицизм относительно необходимости проведения конкретных мер по адаптации экономики к изменяющему климату. Скептицизм сохранился и до сих пор.

Стимулирование процесса снижения выбросов парниковых газов путем введения дополнительных финансовых механизмов налогообложения и штрафов раньше имело мало перспектив, но в настоящее время речь уже идет о юридически обязательных сокращениях странами выбросов парниковых газов. Данную юридическую норму планируют ввести в новое посткиотское соглашение. Причем сокращать выбросы парниковых газов будут обязаны все страны мира, подписавшие новый договор, а не только промышленно развитые страны и страны с переходной экономикой. Это означает переход посткиотских соглашений из поля международного права на принципах добровольности в области коммерческого права с условиями усиления материальной, финансовой и юридической ответственности стран.

Однако в современном понимании посткиотские соглашения уже можно будет рассматривать как коммерческое предприятие с целями, характерными для современного бизнеса. Решение задачи по улучшению состояния окружающей среды может при этом отойти на второй план и станет всего лишь прикрытием коммерческой деятельности.

Намеченные меры по предотвращению изменения климата, безусловно, будут способствовать экологизации хозяйственного развития стран и реструктуризации экономики, но они, как любые природоохранные мероприятия, потребуют дополнительных вложений в экономику стран, активизации инновационной деятельности на национальном уровне с внедрением новых экологобезопасных технологий и процессов в энергетике, промышленном производстве, коммунальном хозяйстве, на транспорте, в сельском и лесном хозяйствах.

Использование местных энергетических ресурсов в Беларуси приведет к росту загрязнения атмосферы, увеличению выбросов парниковых газов (ПГ) в атмосферу, в первую очередь углекислого газа.

Замещение природного газа местными видами топлива в запланированных масштабах приведет к увеличению дополнительных выбросов парниковых газов в пределах 8–10 млн т в CO₂ экв.

Для стабилизации углекислого газа на безопасном для климата уровне (450 ppm – 0,045 %) необходимо около 18 трл. долларов США [4].

Достижение конечной цели Киотского протокола – уменьшение величины роста глобальной температуры представляется нам сомнительным, поскольку выбросы парниковых газов продолжают увеличиваться.

Скорость возрастания парниковых газов в атмосфере даже увеличилась в первые 8 лет тे-

кущего столетия. Если в 1990-е гг. скорость роста составляла 1 % в год, то в сейчас – 2,4 % в год.

Принимая во внимание, что разрушение природной среды осуществлялось ранее и осуществляется развитыми странами, они должны взять на себя дополнительную финансовую ответственность сейчас и оказать финансовую и технологическую помощь развивающимся странам безвозмездно.

Если даже условия Киотского протокола были бы выполнены, то это привело бы к снижению температур в пределах естественной изменчивости температуры (0,1–0,2 °C). Перераспределение парниковых газов за счет продажи квот не остановит изменения климата, поскольку климатической системе безразлично, где выброшены парниковые газы в Германии, США, России или Беларуси.

Таким образом, Киотский протокол и последующие посткиотские соглашения по уменьшению выбросов парниковых газов, которые предстоит еще заключить, – всего лишь уменьшение зависимости стран от углеводородных источников. Избавиться от такой зависимости желают, в первую очередь, страны Европейского Союза и Япония, которые не обладают их достаточными запасами.

Однако очевиден и плюс таких документов – это первый опыт международного сотрудничества по защите климата в результате снижения одного из множества факторов климатических изменений – антропогенного.

Литература

1. **Бровка, Ю. А.** Недоборы урожаев сельскохозяйственных культур и их климатическая обусловленность / Ю. А. Бровка // Природопользование. Минск, 2009. Вып. 16. С. 141–148.
2. **Бровка, Ю. А.** Предложения по оптимизации регионального распределения посевов сельскохозяйственных культур / Ю. А. Бровка // Природопользование. Минск, 2008. Вып. 14. С. 85–89.
3. **Бровка, Ю. А.** Региональная агроклиматическая оценка неблагоприятных погодно-климатических условий на территории Беларуси : дис. ... канд. геогр. наук: / Ю. А. Бровка. Минск, 2007.
4. **Возможности** предотвращения изменения климата и его негативных последствий. Проблемы Киотского протокола / Отв. ред. Ю. А. Израэль. М., 2006.
5. **Герман, Дж. Р.** Солнце, погода и климат / Дж. Р. Герман, Р. А. Голдберг. Л., 1981.
6. **Дмитренкова, Ю. А.** Временные и региональные особенности распределения экстремальных погодно-климатических явлений (засух, заморозков) на территории Беларуси / Ю. А. Дмитренкова // Природопользование. Минск, 2007. Вып. 13. С. 48–52.
7. **Изменения** климата Беларуси и их последствия / Под общ. ред. В. Ф. Логинова. Минск, 2003.
8. **Камышенко, Г. А.** Анализ устойчивости урожайности сельскохозяйственных культур Беларуси (на примере озимой пшеницы и картофеля) / Г. А. Камышенко // Природопользование. Минск, 2010. Вып. 18. С. 97–102.
9. **Камышенко, Г. А.** Кластерные территориальные нормализованные модели урожайности сельскохозяйственных культур Беларуси / Г. А. Камышенко // Природопользование. Минск, 2008. Вып. 14. С. 68–75.
10. **Камышенко, Г. А.** Оценка пространственно-временной однородности рядов атмосферных осадков Беларуси / Г. А. Камышенко // Природопользование. Минск, 2012. Вып. 21. С. 52–61.
11. **Камышенко, Г. А.** Оценка пространственно-временной однородности рядов температуры воздуха Беларуси / Г. А. Камышенко // Природопользование. Минск, 2011. Вып. 20. С. 26–34.
12. **Коляда, В. В.** Оценка гибели посевов сельскохозяйственных культур Беларуси в современных агроклиматических условиях / В. В. Коляда // Современные проблемы ландшафтования и геэкологии: Материалы IV Междунар. научн. конф. Минск, 2008. С. 216–217.

13. **Коляда, В. В.** Оценка термических ресурсов Беларуси методом математико-картографического моделирования / В. В. Коляда // Научно-методическое обеспечение деятельности по охране окружающей среды: проблемы и перспективы. Тр. Минск, 2011. С. 228–237.
14. **Коляда, В. В.** Оценка изменения агроклиматических ресурсов Беларуси / В. В. Коляда, Ю. А. Шубская // Природные ресурсы. 2010. № 1. С. 108–117.
15. **Коляда, В. В.** Оценки факторов изменения агротермических ресурсов Беларуси / В. В. Коляда, Ю. А. Шубская // Природопользование. Минск, 2010. Вып. 17. С. 118–125.
16. **Коляда, В. В.** Структурно-функциональные изменения агроценозов Беларуси в условиях потепления климата / В. В. Коляда, Ю. А. Шубская // Природопользование. Минск, 2009. Вып. 16. С. 122–131.
17. **Кондратьев, К. Я., Логинов В.Ф., Кравчук Е.Г.** Тренды солнечной радиации как показатель изменений антропогенного аэрозоля / К. Я. Кондратьев, В. Ф. Логинов, Е. Г. Кравчук // ДАН СССР. 1990. Т. 315, № 2. С. 341–344.
18. **Логинов, В. Ф.** Влияние Атлантического океана на величину трендов температуры воздуха в период современного потепления / В. Ф. Логинов // География и природные ресурсы. 2010. № 3. С. 10–19.
19. **Логинов, В. Ф.** Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия / В. Ф. Логинов. Минск, 2008.
20. **Логинов, В. Ф.** Инициализация Программы действий в свете изменения климата. Изменения климата в Беларуси и их последствия для ключевых секторов экономики (сельское, лесное и водное хозяйство) / В. Ф. Логинов. Минск, 2010.
21. **Логинов, В. Ф.** Новый индекс солнечной активности. Исследования по геомагнетизму, аэрономии и физике Солнца / В. Ф. Логинов // СиБИЗМИР. Иркутск, 1972. Вып. 21. С. 141–151.
22. **Логинов, В. Ф.** Повторяемость и возможные причины формирования холодных и теплых зим на территории Беларуси за период инструментальных наблюдений / В. Ф. Логинов // Природные ресурсы. 2010. № 2. С. 121–124.
23. **Логинов, В. Ф.** Причины и следствия климатических изменений / В. Ф. Логинов. Минск, 1992.
24. **Логинов, В. Ф.** Радиационные факторы и доказательная база современных изменений климата / В. Ф. Логинов. Минск, 2012.
25. **Логинов, В. Ф.** Экстремальные климатические явления: пространственно-временные закономерности их изменений и предпосылки прогнозирования / В. Ф. Логинов, Ю. А. Бровка. Минск, 2012.
26. **Логинов, В. Ф.** Опасные метеорологические явления на территории Беларуси / В. Ф. Логинов [и др.]. Минск, 2010.
27. **Логинов, В. Ф..** Численная модель переноса примеси в пограничном слое атмосферы / В. Ф. Логинов, В. Ф. Иконников, Г. П. Кузнецов // Природопользование. Минск, 1999. Вып. 5. С. 51–52.
28. **Логинов, В. Ф.** Влияние урбанизации на увеличение термических ресурсов юга Беларуси / В. Ф. Логинов, В. В. Коляда // Природопользование. Минск, 2010. Вып. 18. С. 9–15.
29. **Логинов, В. Ф.** Оценка последствий антропогенной деятельности на изменение климата / В. Ф. Логинов [и др.]. // Природные ресурсы. 2000. № 4. С. 19–24.
30. **Логинов, В. Ф.** Математические методы в исследовании климата Беларуси / В. Ф. Логинов, Г. П. Кузнецов, В. С. Микуцкий // Природопользование. Минск, 2002. Вып. 8. С. 75–87.
31. **Логинов, В. Ф.** Моделирование пограничного слоя атмосферы и прикладные задачи, связанные с пограничным слоем / В. Ф. Логинов, Г. П. Кузнецов, В. С. Микуцкий // Природопользование. Минск, 2003. Вып. 9. С. 47–58.
32. **Логинов, В. Ф.** Оценка потоков тепла и влаги по данным метеорологических наблюдений / В. Ф. Логинов, Г. П. Кузнецов, В. С. Микуцкий // Природопользование. Минск, 2003. Вып. 9. С. 49–51.
33. **Логинов, В. Ф.** Трансформация воздушного потока над неоднородными поверхностями / В. Ф. Логинов, Г. П. Кузнецов, В. С. Микуцкий // Природопользование. Минск, 1999. Вып. 5. С. 56–62.
34. **Логинов, В. Ф.** Численное моделирование суточного хода метеорологических параметров / В. Ф. Логинов, Г. П. Кузнецов, В. С. Микуцкий] // Весці НАН Беларусі. Сер. фізіка-матэм. навук. 1999. № 4. С. 107–111.
35. **Логинов, В. Ф.** Изменения экстремальных суточных температур Беларуси в условиях различной антропогенной нагрузки / В. Ф. Логинов, В. С. Микуцкий // Природные ресурсы. 1997. № 1. С. 129–134.
36. **Логинов, В. Ф.** Оценка антропогенного «сигнала» в климате городов / В. Ф. Логинов, В. С. Микуцкий // Изв. Рус. геогр. о-ва. 2000. № 1. С. 23–31.
37. **Логинов, В. Ф.** Оценка вклада урбанизации в изменение климата / В. Ф. Логинов, В. С. Микуцкий // Научно-методическое обеспечение деятельности по охране окружающей среды: проблемы и перспективы. Минск, 2011. С. 57–67.
38. **Мельник, В. И..** Влияние изменений климата на ведение сельскохозяйственного производства в Белорусском Полесье / В. И. Мельник, Е. В. Комаровская // Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспективы развіцця. Брэст, 2008. Вып. 1. С. 51–53.
39. **Микуцкий, В. С.** Анализ структуры динамики климатических процессов с помощью временной развертки / В. С. Микуцкий // Природопользование. Минск, 2012. Вып. 21. С. 31–39.
40. **Мохов, И. И.** Связь интенсивности «острова тепла» города с его размерами и количеством населения / И. И. Мохов // ДАН. 2010. Т. 427. № 4. С. 530–533.
41. **Покровская, Т. В.** Синоптико-климатологические и гелиогеофизические долгосрочные прогнозы погоды / Т. В. Покровская. Л., 1969.
42. **Рубашев, Б. М.** Проблемы солнечной активности / Б. М. Рубашев. М., 1964.
43. **Сазонов, Б. И.** Суровые зимы и засухи / Б. И. Сазонов. Л., 1991.

44. Сазонов, Б. И. Солнечно-тропосферные связи / Б. И. Сазонов, В. Ф. Логинов. Л., 1969.
45. Сачок, Г. И. Факторы и модели изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур Беларуси / Г. И. Сачок, Г. А. Камышенко / Под ред. В.Ф. Логинова. Минск, 2006.
46. Солнечно-земные связи, погода и климат / Под ред. Б. Мак-Нормана, Т. Селиги. М., 1982.
47. Шулейкин, В. В. Физика моря / В. В. Шулейкин. М., 1968.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 18.09.2012 г.

В. Ф. Логинов

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ИНСТИТУТЕ

Представлены направления и результаты исследований изменения климата в глобальном и региональном масштабах, выполненные с момента преобразования Института торфа в Институт проблем использования природных ресурсов и экологии (1990 г.).

Направления исследований включали оценки роли внешних климатообразующих факторов, изучение пространственных и временных изменений климата, включая изменения повторяемости и пространственных особенностей формирования погодных и климатических экстремальных явлений.

Одним из главных направлений исследований в институте в последнее двадцатилетие являлась оценка уязвимости и разработка мер по адаптации различных отраслей экономики к изменяющемуся климату и вытекающая отсюда глобальная и национальная политика, стратегия и меры по уменьшению антропогенного воздействия на климат за счет снижения выбросов парниковых газов в атмосферу и увеличения их стоков.

В работе достаточно полно изложены основные результаты, приведенные за последние двадцать лет исследований изменений климата и приведен список основных работ, опубликованных сотрудниками лаборатории климатологии (с 2007 г. лаборатории трансграничного загрязнения и климатологии).

Существенное внимание в работе удалено доказательной базе и проблемным вопросам интерпретации результатов исследований изменений климата в различных пространственно-временных масштабах.

V. F. Loginov

CLIMATIC RESEARCHES AT THE INSTITUTE

Directions and results of climate change researches in global and regional scales, carried out from the moment of reorganization of the Institute of peat into the Institute for problems of natural resources use and ecology (1990) are presented.

Directions of researches included estimations of a role of external climate-forming factors, study of spatial and time changes of the climate, including changes of repeatability and spatial features of the formation of weather and climatic extreme phenomena.

One of the main direction of the researches at the Institute for the last twenty years was the estimation of vulnerability and elaboration of measures on adaptation of various branches of economy to changing climate, resulting in global and national policy, a strategy and measures on the reduction of anthropogenic influence on climate due to the emissions reduction of greenhouse gases into the atmosphere and increases in their drains.

In this work the basic results of the researches of climate changes done for the last twenty years are well stated and the list of basic works, published by employees of the laboratory of climatology (since 2007 a lab of transboundary pollution and climatology) is given.

A considerable attention to demonstrative base and problem questions of interpretation of the results of researches of climate changes in various existential scales is paid in the work.

**В. С. Хомич, С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик, М. И. Струк, Л. А. Кравчук,
О. В. Кадацкая, С. В. Савченко, Е. В. Санец, Н. К. Быкова,
Е. П. Овчарова, В. А. Рыжиков**

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ БЕЛАРУСИ

Приведен обзор основных направлений и результатов геоэкологических исследований урбанизированных территорий Беларуси, выполненных лабораториями оптимизации геосистем и трансграничного загрязнения и климатологии Института природопользования НАН Беларуси за последнее десятилетие. Показаны методические подходы и результаты эколого-геохимических исследований городов, особенности функционирования природных и природно-техногенных комплексов в условиях города, результаты ландшафтно-экологической оценки пригородной территории (на примере г. Минска).

Актуальность проведения геоэкологических исследований в городах и зонах их влияния обусловлена продолжающимися процессами урбанизации как в мире в целом, так и в Беларуси, высокой концентрацией населения в городах и пригородных зонах, ростом техногенных нагрузок и, соответственно, экологического риска для населения и природных систем. Поэтому геоэкологическое направление изучения урбанизированных территорий продолжает активно развиваться как в зарубежных странах [7, 26], так и в Беларуси [4, 6, 15, 17, 32, 37, 39]. Оно чаще всего базируется на рассмотрении города как природно-техногенной геосистемы, в пределах которой исследуются ее структурные элементы (природные, техногенные, а также социальные) во взаимосвязи между ними [40].

Функционирование сложных городских геотехсистем, насыщенных промышленными предприятиями, транспортными средствами, объектами жилищно-коммунального хозяйства, воздействующими на природные комплексы и человека, как в городе, так и за его пределами, обусловило формирование целого спектра взаимосвязанных ресурсно-хозяйственных, природно-ландшафтных и социально-демографических проблем. Поэтому изучение урбанизированных территорий осуществляется с применением интегрированного подхода на основе использования закономерностей, принципов, концепций, методов, выявленных/разработанных в разных отраслях знаний – географии, биологии, экологии, градостроительстве, гигиене и др.

В лабораториях оптимизации геосистем и трансграничного загрязнения и климатологии Института природопользования НАН Беларуси накоплен определенный опыт геоэкологических исследований урбанизированных территорий, отраженный в ряде монографий и научных статей [15, 17, 32, 39]. Краткий обзор методических

подходов и результатов геоэкологических исследований городов и урбанизированных территорий, полученных авторами в 1990-е годы изложен в [3]. Материалы, анализируемые в настоящей статье, подготовлены по результатам исследований, полученных в последнее десятилетие при выполнении Государственной программы ориентированных фундаментальных исследований «Природные комплексы», Государственной научно-технической программы «Экологическая безопасность», при разработке территориальных комплексных схем охраны окружающей среды г. Минска и некоторых других городов, а также многочисленных НИР, связанных с изучением городской среды и решением разнообразных экологических проблем.

Геоэкологические исследования велись по следующим основным направлениям: разработка научно-методических подходов выявления источников загрязняющих веществ, комплексные эколого-геохимические исследования в зонах импактного воздействия, оценка накопления загрязняющих веществ в почвах различных функциональных зон городов, изучение особенностей функционирования природных и природно-техногенных комплексов в условиях города, изучение структурно-функциональной организации ландшафтно-рекреационных территорий в городах, ландшафтно-экологическая оценка пригородных территорий, совершенствование комплексной оценки качества городской среды.

В зависимости от решаемых задач исследования проводились на различных уровнях: региональном (урбанизированные ландшафты Беларуси в целом), местном (город), локальном (природно-техногенный комплекс, ландшафтный выдел, элементарный геохимический ландшафт, функциональная зона, функционально-планировочный выдел).

Эколого-геохимические исследования

Эколого-геохимические исследования городов включали экспериментальное изучение источников загрязняющих веществ, воздушных и водных геохимических потоков, накопления техногенных химических веществ в депонирующих компонентах городских и пригородных ландшафтов (снежном покрове, почве, донных отложений), анализ пространственных структур загрязнения, в том числе с учетом функционального зонирования городских территорий.

Выбросы и атмосферные выпадения загрязняющих веществ

При геоэкологических исследованиях урбанизированных территорий весьма важной является информация об уровнях первичного поступления (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферный воздух и атмосферных выпадениях. Поэтому одним их направлений, которое активно развивается в Институте, является выявление источников выбросов загрязняющих веществ и оценка уровней атмосферных выпадений загрязняющих веществ и их территориальной структуры с использованием различных методических подходов и источников информации. В этих исследованиях учитывается полнота, временное и пространственное разрешение и оценка качества информации как о первичном поступлении загрязняющих веществ в атмосферный воздух вследствие выбросов, так и вторичном поступлении с региональными и трансграничными потоками.

Разработаны научно-методические подходы к выявлению источников и получению пространственно распределенных оценок выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, базирующиеся на сочетании данных статистического учета выбросов, международных методологий оценки выбросов, результатов экспериментальных исследований и картографирования. Показано, что управление выбросами как сложным природно-технологическим (геоэкологическим) феноменом должно базироваться на лучших имеющихся методах и научных разработках, учитывающих непрерывный процесс накопления знаний об источниках, загрязняющих веществах и их опасности для человека и природных экосистем [13].

На основе разработанного методического инструментария оценены уровни поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух на территории Беларуси, а также в ряде городов для основных и некоторых специфических поллютантов (тяжелых металлов, СОЗ, аммиака, формальдегида); охарактеризована территориальная структура выбросов [11, 12, 18].

Проанализированы тренды атмосферных выпадений загрязняющих веществ на территории Беларуси и их территориальная структура с использованием данных Программы ЕМЕП, мони-

торинга атмосферных осадков в рамках НСМОС, наблюдений на экспериментальной площадке, картографирования загрязнения снежного покрова [10, 13].

Выявлено, в частности, что абсолютные значения уровней выпадений серы на урбанизированных территориях Беларуси в 1990–2007 гг. в среднем в 2,2 раза превышали выпадения на фоновых территориях; это соотношение варьировало в диапазоне 1,4–3,4 без выраженного тренда. Средние уровни выпадений серы за период с 1990 по 2007 г. были самыми высокими в Полоцке, Пинске, Мозыре и Березино.

Абсолютные значения уровней выпадений окисленного азота на урбанизированных территориях в 1990–2007 гг. в среднем в 1,4 раза превышали выпадения на фоновых территориях; их соотношение варьировало в диапазоне 0,9–2,7 раза без выраженных закономерностей. Наивысшие средние уровни характерны для Березино, Гомеля и Полоцка.

Абсолютные значения уровней выпадений восстановленного азота на урбанизированных территориях в 1990–2007 гг. в среднем в 1,7 раза превышали выпадения на фоновых территориях, при этом их соотношение было подтвержено значительным колебаниям (варьировало в диапазоне 0,4–4,0 раза) с тенденцией к некоторому росту различий между урбанизированными и фоновыми территориями. Наивысшие уровни выпадений характерны для крупных и больших городов страны – Пинска, Бобруйска, Мозыря и Могилева.

Анализ динамики выпадения закисляющих и эвтрофирующих соединений по данным НСМОС показывает, что, в отличие от первой половины 1990-х гг., когда интенсивность выпадения всех закисляющих соединений уменьшалась, для последних лет характерна тенденция к снижению поступления только серы; изменения атмосферных потоков азота неустойчивы (рис. 1).

Анализ показал, что в целом сходимость результатов оценок трендов выпадений серы по данным мониторинга атмосферных осадков и модельных расчетов в рамках Программы ЕМЕП достаточно хорошая, хотя уровни сокращений существенно различаются. При этом не выявлено существенных различий в трендах атмосферных выпадений серы между городскими и фоновыми территориями, несмотря на то, что абсолютные величины выбросов серы и их сокращения в городах существенно выше.

Гидрохимические потоки и трансформация поверхностных вод

В настоящее время формирование техногенной химической нагрузки на водные системы Беларуси в значительной степени определяется урбанизированными участками водосборов, с которыми связано прямое поступление в гидрографическую сеть промышленно-коммунальных

сточных вод и вынос загрязняющих веществ с поверхностным стоком с территории городов.

Поэтому изучение влияния урбанизации водохранилищ на речные экосистемы, а также выявление закономерностей геохимической трансформации водных потоков на урбанизированных территориях являются одним из ключевых направлений исследований лаборатории оптимизации геосистем.

Исследования, проведенные в последние годы, показали, что хроническое воздействие загрязненных сточных вод, поступающих в реки,

совместно с поверхностным стоком с урбанизированных участков водохранилищ, становится основным фактором риска для функционирования речных экосистем.

Установлено, что практически для всех рек Беларусь, дренирующих урбанизированные участки водохранилищ, в той или иной степени характерна антропогенная трансформация режима фосфора фосфатного и азота аммонийного, сопровождающаяся устойчивым загрязнением рек указанными веществами [5, 33].

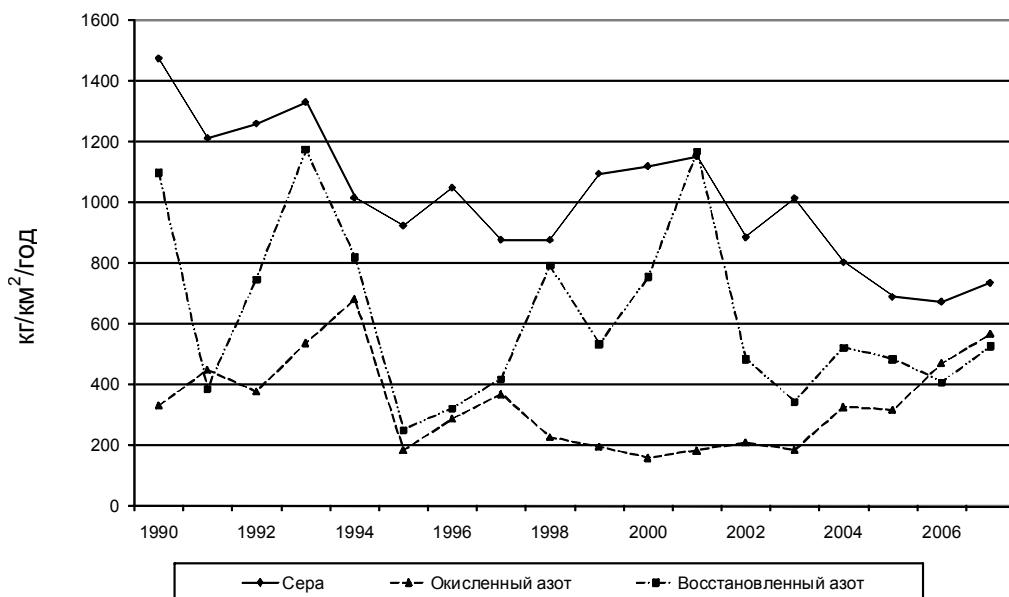


Рис. 1. Тренды среднегодового уровня выпадений серы и азота с атмосферными осадками на урбанизированных территориях Беларусь

Исследования, проведенные в последние годы, показали, что хроническое воздействие загрязненных сточных вод, поступающих в реки, совместно с поверхностным стоком с урбанизированных участков водохранилищ становится основным фактором риска для функционирования речных экосистем.

Установлено, что практически для всех рек Беларусь, дренирующих урбанизированные участки водохранилищ, в той или иной степени характерна антропогенная трансформация режима фосфора фосфатного и азота аммонийного, сопровождающаяся устойчивым загрязнением рек указанными веществами [5, 33].

Так, антропогенные изменения режима минерального фосфора проявляются в увеличении концентраций фосфора фосфатного практически во все сезоны года, фиксируются также в нарушении природных закономерностей поведения минерального фосфора в водных экосистемах, связанных с особенностями его потребления в

период вегетации и поступлением в воду в результате минерализации отмершего органического вещества в зимний период. Избыток минерального фосфора отмечается в период активной вегетации. Напротив, в холодное время года не всегда фиксируется рост его концентраций.

С техногенными потоками, содержащими значительное количество азота аммонийного, связано хорошо выраженное «аммонийное» загрязнение речных вод (рис. 2).

Крупные промышленные центры, несмотря на принимаемые меры, продолжают оставаться постоянными источниками избыточного поступления в реки загрязняющих веществ, в результате этого при определенных условиях формируются ореолы загрязнения, которые могут быть описаны как техногенные гидрохимические аномалии (например, аномалии сульфатов и аммонийного азота в воде р. Березины ниже г. Светлогорска) [31].

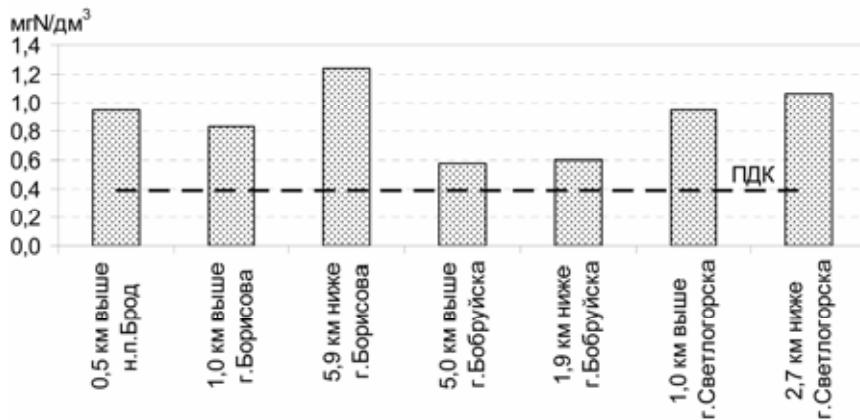


Рис. 2. Изменение среднегодового содержания азота аммонийного в воде вниз по течению р. Березины (2009 г.)

В отличие от природных гидрохимических аномалий, вода которых обогащается за счет пород рудных месторождений, техногенные гидрохимические аномалии имеют временные ограничения, а их пространственные границы зависят от целого комплекса природных и хозяйственных факторов. При снижении химической нагрузки на речные экосистемы количественные показатели, характеризующие аномалии, уменьшаются до природно-техногенных значений (в случае с сульфатами), типичных для рек, водосборы которых испытывают антропогенное воздействие, или до концентраций ниже ПДК, но больше «фонового» значения, характеризующего незагрязненные воды (в случае с азотом аммонийным) [17].

Как показано [21, 41], поверхностный сток с урбанизированных участков водосборов является фактором риска для принимающего его водотока. Строительство систем дождевой канализации для отвода поверхностного стока с городских территорий существенно трансформирует естественный водосбор принимающего водотока и обуславливает формирование более мелких техногенных субводосборов, приуроченных к дренажно-канализационной сети, сток с поверхности которых перехватывается и сбрасывается в местах выпусков дождевых коллекторов. Трансформация водосбора в пределах урбанизированной территории сопровождается увеличением объема воды поверхностного стока и изменением его химического состава, что отражается на гидрологическом и гидрохимическом режимах принимающих водотоков.

Так, на примере г. Минска выявлены особенности формирования и выполнена эколого-геохимическая оценка поверхностного стока с городской территории. Установлены пространственно-временные закономерности формирования химического состава воды поверхностного стока с городской территорией, проявляющиеся в сезонных различиях химического состава воды (обогащении хлоридами, сульфатами, калием,

натрием и взвешенными веществами в зимне-весенний период по сравнению с летне-осенним), в зависимости химического состава воды от функционального использования территории (значительная контрастность содержания растворенных и взвешенных веществ между функциональными зонами в зимне-весенний период и нивелирование различий в летне-осенний период).

Выявлено, что на городской территории основная часть выноса хлоридов и натрия (около 98 %) приходится на талый сток, фосфора общего (около 93 %), наоборот, на дождевой сток. Между дождевым и талым стоком распределение выноса гидрокарбонатов оценивается близкими величинами, соответственно в 48 и 52 %. Для остальных макрокомпонентов примерно одна треть от общего выноса приходится на дождевой сток и две трети на талый. В целом с талым стоком выносится около 94 % основных ионов от их суммарного выноса и 59 % взвешенных веществ.

Оценен вклад поверхностного стока с канализованной территории г. Минска в вынос химических веществ с участка водосбора р. Свислочи между створами с. Дрозды и с. Королищевичи. На канализованную часть территории города приходится 86 % от общего выноса химических веществ с поверхностным стоком при доле канализированной территории в структуре водосбора около 40 %. Установлено, что поверхностный сток с городской территории является одним из основных факторов трансформации гидрохимического режима реки Свислочи: его вклад в формирование техногенной составляющей выноса химических веществ рекой с рассматриваемого участка водосбора составляет 28,1 %, что только в 2 раза меньше доли нормативно очищенных сточных вод, сбрасываемых с Минской очистной станцией аэрации [22].

Установленные закономерности формирования химического состава воды поверхностного стока являются основой прогнозирования влия-

ния поверхностного смыва на состав и качество воды принимающих водотоков.

Почвенно-геохимические исследования

Почва, выступая депониющим компонентом природной среды, способна сохранять опасные химические вещества, к которым относятся тяжелые металлы и стойкие органические загрязнители, десятки и сотни лет. Поступление и накопление поллютантов в городских почвах – процессы неизбежные и могут считаться практически непрерывными с момента зарождения города. Выбросы промышленных предприятий и транспорта, отходы производства и потребления, сточные воды, утечки и рассеяние промышленных химикатов – характерный перечень техногенных потоков загрязняющих веществ в городах, где они, как правило, проявляются в различных сочетаниях, способствуя формированию педогеохимических аномалий разного генезиса и интенсивности.

Почвенно-геохимические исследования, выполняющиеся в Институте природопользования, за последнее десятилетие развивались преимущественно в следующих направлениях: совершенствование научно-методических подходов к выявлению и оценке загрязнения почв; изучение накопления и распределения загрязняющих веществ в почвах в зонах локальных источников воздействия; оценка пространственного распределения загрязняющих веществ в городе в целом; прогноз накопления загрязняющих веществ в почвах (на примере тяжелых металлов); изучение особенностей и уровней загрязнения почв стойкими органическими загрязнителями [9, 19, 20, 23, 25, 27, 28, 30, 38, 43].

Выполненные исследования позволили определить перечень приоритетных загрязняющих веществ в почвах различных функциональных зон городов Беларуси, детализированный для почв промплощадок с учетом специализации промышленных предприятий и специфики источников поступления загрязняющих веществ [23]. Полученные результаты использованы для определения порядка ведения локального мониторинга земель [8].

На основании анализа методических и нормативных правовых документов, касающихся регулирования загрязнения почв, нормативов и критериев оценки опасности загрязнения почвы в разных странах (Беларусь, Россия, странах ЕС, США, Канаде и других), а также обобщения результатов многолетних эколого-геохимических исследований разработаны предложения по совершенствованию нормативно-методического обеспечения выявления загрязненных земель и оценки уровня загрязнения почв урбанизированных территорий в Беларусь. В перечне основных: разработка и введение в действие дифференци-

рованных нормативов загрязнения почв с учетом их свойств, видов использования земель, риска для здоровья человека и окружающей среды; создание нормативно-методической базы выявления, учета и обращения с загрязненными территориями; разработка и реализация программы по выявлению и картографированию территорий с высоким уровнем загрязнения почв; совершенствование сети мониторинга почв и обновление перечня контролируемых веществ; гармонизация и унификация методик отбора и химико-аналитического определения химических веществ в почвах; разработка (унификация) критериев оценки качества почв (в том числе после очистки) [19, 20].

Изучение загрязнения почв в зонах локальных источников воздействия позволило существенно дополнить представления об уровне и характере загрязнения почв на территории промышленных предприятий, особенностях распределения загрязняющих веществ по почвенному профилю, а также в целом о характеристиках почвенного покрова. Выявлена высокая контрастность в содержании загрязняющих веществ и отсутствие четкой структуры аномалий. Установлено, что уровни загрязнения почв промплощадок существенно выше, чем предполагалось ранее; например, максимальное зафиксированное содержание свинца достигает 6 г/кг, цинка – 10 г/кг, что превышает предельное их содержание в почвах, при которых необходимы меры по очистке [42]. Загрязнение не является «внешним» по отношению к почвам промплощадок (чаще новообразованные почвы формируются на техногенных субстратах, обогащенных теми или иными химическими веществами), а обогащение верхних почвенных горизонтов химическими веществами по сравнению с подстилающей породой на промплощадках прослеживается на большую глубину по сравнению с другими функциональными зонами [8].

Учитывая мультиполлютантный характер загрязнения городских почв тяжелыми металлами, нефтепродуктами, полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ) и полихлорированными бифенилами (ПХБ) разработаны методические подходы к оценке состояния почвенного покрова на основании интегрального показателя, что позволяет существенно повысить информативность оценок уровней загрязнения почв и их пространственных различий. На рис. 3 приведена картосхема состояния почв на территории г. Минска применительно к функционально-планировочным выделам, полученная с использованием интегрального показателя. Установлено, что около 5 % территории г. Минска характеризуется высоким уровнем загрязнения почв.

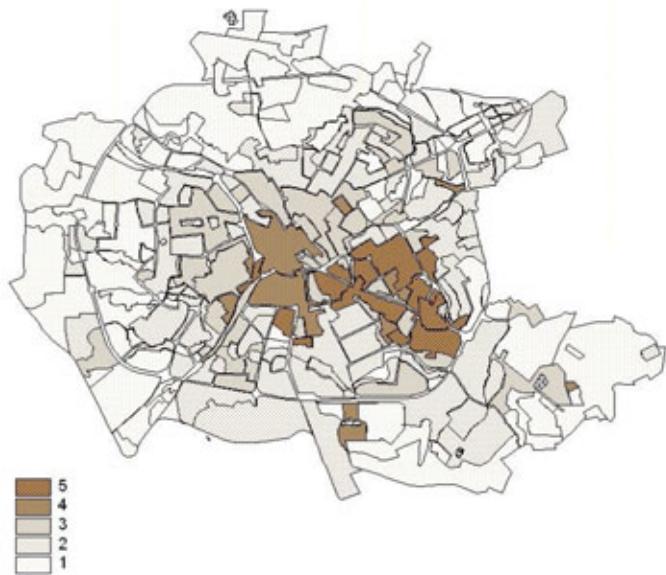


Рис. 3. Пространственная структура и уровни загрязнения почв г. Минска по функционально-планировочным выделам.

Уровень загрязнения: 1 – незначительный,
2 – низкий, 3 – средний, 4 – повышенный, 5 – высокий

С использованием полученных геохимических данных выполнен прогноз содержания тяжелых металлов в почвах на основе баланса их поступления-выноса. Для оценки баланса тяжелых металлов приняты во внимание три основные составляющие: исходный запас металла (в 10-сантиметровом слое), ежегодное поступление с атмосферными выпадениями и ежегодный вынос со стоком [27, 38].

Как показали расчеты, в пределах урбанизированных территорий ожидаемое приращение содержания металлов в поверхностном слое почвы будет в 2–3 раза интенсивнее по сравнению с естественными экосистемами. Тем не менее, за 20-летний период не следует ожидать существенных приращений концентрации таких металлов, как кадмий и свинец. Например, содержание свинца за 20-летний период увеличится примерно на 0,65 мг/кг (ежегодное приращение составит около 0,032 мг/кг). Содержание цинка в почвах может возрасти на 6,7 мг/кг. Наиболее значительное накопление тяжелых металлов, в частности свинца, следует ожидать в зонах интенсивного атмосферного воздействия, например, заводов по производству хрустального стекла. Приращение концентрации свинца в почве оценивается в 0,7 мг/кг в год, что за 20-летний период составит 14 мг/кг или 0,47 величины ПДК. Это означает, что в зонах воздействия заводов по производству хрустального стекла площадь загрязненных до опасных уровней почв за 20 лет может увеличиться на 20 %.

Из стойких органических загрязнителей в Институте природопользования изучаются ПХБ и

ПАУ (кратко результаты изложены в статье С. В. Какарека и Т. И. Кухарчик настоящего выпуска). Следует лишь отметить, что вопросы загрязнения почв городов указанными соединениями пока недостаточно изучены, что обусловлено многими причинами, в том числе историческими факторами, сложностью и высокой стоимостью химико-аналитических определений. В отличие от тяжелых металлов, детальные почвенно-геохимические съемки для оценки содержания ПХБ и ПАУ не выполняются; наиболее важным представляется изучение загрязнения в зонах локального воздействия, а также на территориях, где наиболее высок риск поступления опасных веществ в другие компоненты или организм человека.

Комплексная оценка состояния городской среды

На современном этапе проведения геоэкологических исследований важным направлением является научно-методическое обеспечение оценки качества городской среды, что обусловлено накоплением знаний о содержании и закономерностях миграции химических веществ в урбанизированных ландшафтах, расширением списка источников загрязнения, изменением приоритетов в области охраны окружающей среды. Эти и другие проблемы стимулируют разработку новых или совершенствование ранее разработанных показателей интегральной (комплексной) оценки, приемов картографирования, применения ГИС-технологий и т. д.

Комплексная оценка состояния городской среды – один из наиболее важных этапов гео-

экологических исследований, направленных на интеграцию оценок состояния отдельных природных компонентов в границах определенных территориальных выделов и позволяющий зонировать территорию города по уровню экологической благоприятности/неблагоприятности, а также выделить проблемные в экологическом отношении территории. Этот этап необходим для определения приоритетов в природоохранной деятельности на территории города, в особенности при разработке территориальных комплексных схем охраны окружающей среды.

В этой связи авторами разработана методика комплексной оценки экологического состояния окружающей среды городов, которая базируется на интеграции данных о загрязнении атмосферного воздуха, почв, подземных вод и растительности по территориальным выделам. Она апробирована на примере г. Светлогорска [32] и использовалась для зонирования территории г. Минска по напряженности экологической ситуации при разработке Территориальной комплексной схемы охраны окружающей среды и корректировке генерального плана города (рис. 4).

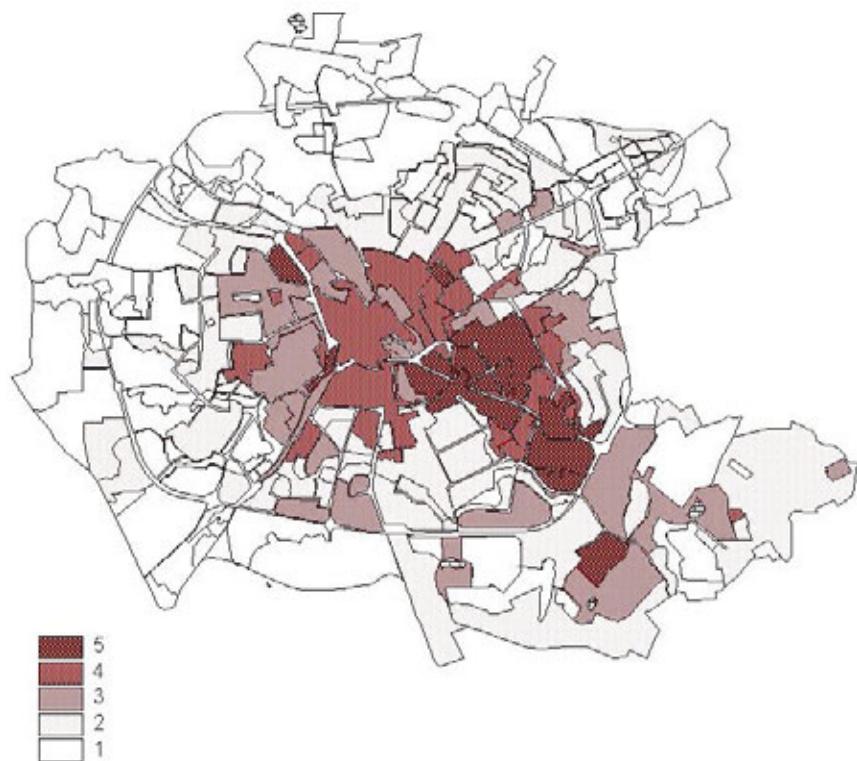


Рис. 4. Экологическая ситуация на территории г. Минска:
1 – благоприятная; 2 – относительно благоприятная; 3 – относительно неблагоприятная;
4 – неблагоприятная; 5 – наиболее неблагоприятная

Наиболее неблагоприятная экологическая ситуация сложилась в юго-восточной части города – районе с высокой концентрацией промышленных предприятий. Значительно меньшие по площади ореолы с наиболее неблагоприятной ситуацией выделены в районах Минского завода отопительного оборудования, приборостроительного и вагоноремонтного заводов, а также территории комплекса очистных сооружений. Наиболее неблагоприятная ситуация характерна для 13 функциональных зон, 8 из которых являются производственными. В большинстве случаев уровень загрязнения атмосферного воздуха здесь оценивается как сильный или повышенный, почв – как наиболее высокий или высокий,

состояние древесной растительности – ослабленное.

Сложившаяся экологическая ситуация связана с расположением здесь основных источников эмиссии в атмосферу, образованием больших объемов производственных отходов, в том числе опасных, и сточных вод. Большинство промышленных предприятий функционирует 40–50 лет и более, что обусловило длительный период интенсивных техногенных нагрузок на окружающую среду и поступления загрязняющих веществ с различными потоками: выпадениями, утечками и разливами, рассеиванием с отходами.

Неблагоприятная экологическая ситуация сформировалась в центральной части города, а также на прилегающих к промзонам территориях,

что связано с достаточно высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха и почв, ослабленным состоянием растительности (повреждением). Особого внимания заслуживают крупные по площади выделы общественных зон в центральной части города. Основными факторами, определяющими экологическую ситуацию в их пределах, являются выбросы автотранспорта, а также техногенные грунты (культурный слой), загрязненные тяжелыми металлами и другими веществами. Кроме того, данные зоны с запада непосредственно граничат с рядом промышленных предприятий, которые в условиях преобладания западного направления переноса воздушных масс оказывают существенное воздействие на формирование экологической ситуации в центре города. Для указанных зон характерен высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха, средний и высокий уровень загрязнения почв.

Наиболее благоприятная экологическая ситуация характерна для периферии города в его западной, северо-западной и юго-западной частях.

Полученная пространственно дифференцированная комплексная оценка состояния городской среды с учетом природных и техногенных факторов ее формирования послужила основой для разработки градостроительных, технических, технологических и организационных мероприятий, направленных на реализацию проектных решений и экологических регламентов Генерального плана г. Минска, разработки приоритетных мероприятий по оптимизации окружающей среды в зонах с наиболее неблагоприятной экологической ситуацией.

Изучение особенностей функционирования природных и природно-техногенных комплексов в условиях города

Как выявлено в процессе геоэкологических исследований городов Беларуси в их составе высоко участие относительно малоизмененных природно-растительных комплексов (лесов, болот, естественных лугов) [1, 2, 14, 16, 24]. Поэтому выявление закономерностей их развития в урбанизированных условиях имеет важное значение для сохранения биологического и ландшафтного разнообразия, а также для разработки природосовместимых технологий их адаптации к городским условиям.

Болотные комплексы

К природным комплексам, полностью или частично сохранившимся в городах, относятся болота. Начатые в середине 1990-х годов сотрудниками лаборатории оптимизации геосистем исследования болот в различных городах страны, показали, что они весьма разнообразны по происхождению, типу питания, мощности торфа, растительности, современному состоянию [1, 2, 16, 17, 24]. При отсутствии непосредственного антропогенного воздействия болота продолжают функционировать и в ряде случаев представляют

собой уникальные уголки «дикой» природы, хотя спонтанное их использование и пренебрежительное отношение при освоении городских территорий способствуют трансформации болот или даже их исчезновению.

В результате изучения особенностей функционирования водно-болотных комплексов, сохранившихся на территории города Минска, выявлены закономерности трансформации болот, проявляющиеся:

- в преимущественном сохранении болотами исходной типовой принадлежности и близких к фоновым характеристик при отсутствии интенсивного техногенного воздействия;
- в зависимости изменения химического состава вод и почв и видового состава растительности болот от характера антропогенного воздействия;
- в контрастности химического состава вод центральной части болот и их окраинных участков;
- в развитии процессов вторичного заболачивания на выработанных болотах после прекращения воздействия.

В целом в условиях городов сохраняется геохимическая специфика болот различной типовой принадлежности, что хорошо проявляется в различиях минерализации и кислотности вод верховых, переходных и низинных болот. Однако химический состав вод болот на урбанизированных территориях претерпевает изменения по сравнению с естественными болотами, что выражается в повышении содержания основных компонентов солевого состава и подщелачивания вод. Зафиксированный диапазон минерализации составил для верховых болот 48,5–226,3 мг/дм³, низинных – 307,4–598,7 и переходных – 76,0–561,7 мг/дм³, величин pH – соответственно 3,4–6,1, 6,1–7,4 и 5,2–6,6 [1, 17].

Различия гидрохимических характеристик для болот одной типовой принадлежности обусловлены характером и интенсивностью антропогенных нагрузок. Наибольшую степень трансформации испытывают воды болот, расположенных в зонах селитебной застройки, или в случае несанкционированного складирования на их территории или в непосредственной близости от них отходов. На источники загрязнения бытового характера указывают повышенные концентрации хлоридов, ионов калия и натрия. Наименее трансформированы болота удаленные от городской застройки и расположенные в ландшафтно-рекреационных зонах.

Выявлены различия в химическом составе болотных вод центральных частей экосистем, наименее подверженных антропогенным воздействиям, и их окраинных участков, испытывающих наибольшие негативные воздействия, что свидетельствует об аккумуляции загрязняющих веществ в пределах их окраин [1, 17].

Отличительной особенностью сохранившихся в городе болот является наличие большого количества видов растений на небольшой площади: в пределах исследуемых площадок произрастает 296 видов растений из 184 родов и 72 семейств. Для болот характерна специфическая флора, представляющая сочетание различных экологических групп и жизненных форм. Обнаружены лекарственные, редкие и охраняемые растения. Трансформация растительного покрова болот проявляется прежде всего в пределах их окраинных участков, наиболее подверженных антропогенным воздействиям, а также вдоль троп, дорог и мелиоративных каналов и выражается в появлении синантропных и пирогенных растений, закустаривании, эвтрофикации верховых болот и др. Наименьшее количество видов синантропной растительности или их отсутствие характерно для центральных, наиболее удаленных от источников антропогенного влияния, участков болотных экосистем и участков с высокой обводненностью, где формируются типичные для болота растительные сообщества. Несмотря на антропогенную нагрузку, в своей основе болота и заболоченные территории города сохраняют характерный для естественных экосистем растительный покров, представленный типичными эвтрофными, мезотрофными и олиготрофными сообществами [1, 2].

Выявленные закономерности геохимической трансформации водно-болотных комплексов и трансформации растительности болот, сохранившихся на территории города, доказывают способность водно-болотных комплексов устойчиво функционировать в условиях урбанизированной среды, сохраняя свои исходные свойства и типовую принадлежность при отсутствии непосредственного интенсивного антропогенного воздействия.

В результате проведенных исследований выполнено ранжирование болотных экосистем по их экологической значимости для городских ландшафтов с учетом общей характеристики болот, степени их трансформации, биологического разнообразия, эстетической привлекательности и научной значимости. Установлено, что большинство городских болот характеризуется высокой экологической значимостью [1].

Разработаны предложения по сохранению болот на территории г. Минска; предложены объекты, перспективные для сохранения и использования в качестве природных элементов экологического каркаса города. Среди основных направлений использования болот в городе рекомендуется их сохранение в качестве научно-образовательных объектов, для сохранения ландшафтного и биологического разнообразия, в качестве объектов рекреации и природоохранных объектов.

Автотранспортные ландшафтно-функциональные комплексы

Особое внимание при геоэкологических исследованиях урбанизированных территорий уделяется оценке состояния среды в транспортных зонах.

Разработан комплексный подход к изучению автотранспортных ландшафтно-функциональных комплексов (ЛФК) городов, включающий ландшафтно-геохимическое профилирование для изучения особенностей распределения приоритетных загрязняющих веществ (тяжелых металлов, ПАУ, нефтепродуктов, водорастворимых веществ) [29].

Выполненные ландшафтно-геохимические исследования на ключевых участках в г. Минске позволили выявить особенности распределения загрязняющих веществ в снежном покрове:

- экспоненциальное снижение содержания взвешенных веществ и суммы ПАУ в снежном покрове с удалением от проезжей части, поступление которых обусловлено главным образом выбросами автотранспорта и пылением перевозимых грузов;
- в зависимости от вида уборки снега выделяются две зоны с максимальным содержанием хлоридов и натрия – основных компонентов противогололедных солей – в полосе 5–10 м от дороги при уборке дорожного полотна роторной снегоуборочной техникой и в полосе 0–2 м – плужно-щеточной. Аналогичное распределение в снежном покрове характерно для нефтепродуктов;

- для тяжелых металлов, входящих в состав твердых выпадений (взвешенных веществ), наблюдается общевыраженная тенденция к увеличению их концентраций с удалением от дорожного полотна, что связано с крупнодисперсным составом твердых частиц вблизи проезжей части, и увеличением содержания тонкодисперсных аэрозольных частиц с удалением от дороги, отличающихся более высоким содержанием тяжелых металлов.

В пределах автотранспортных ЛФК почвы сильно трансформированы и загрязнены: нарушено генетическое сложение почвенного профиля, реакция почвенной среды смешена в щелочную сторону. Латеральное распределение загрязняющих веществ в почвах определяется видом уборки снега с дорог в зимний период и ландшафтными условиями:

– на участках ЛФК, имеющих ровный характер поверхности, при уборке снега плужно-щеточными машинами максимальные концентрации загрязняющих веществ в почвах фиксируются в полосе до 2 м от проезжей части, при уборке роторной снегоуборочной техникой – в полосе 5–10 м;

– на участках улиц с высокими дорожными насыпями в накоплении загрязняющих веществ отмечено два максимума – на расстоянии до 2 и

15–25 м от дорожного полотна, что обусловлено близостью источника техногенного воздействия в первом случае и склоновыми процессами – во втором;

– на участках улиц, расположенных в пределах отрицательных форм рельефа (ложбин, оврагов), максимальные концентрации загрязняющих веществ наблюдаются в непосредственной близости от дорожного полотна – в полосе до 2 м.

Установлено, что в пределах автотранспортных ЛФК содержание загрязняющих веществ в почвах достигает опасных уровней, превышающих установленные санитарно-гигиенические нормативы: по валовому содержанию цинка до 2,0 ОДК, кадмия – 1,7 ОДК, меди – 2,0 ОДК и свинца – до 2,0 ПДК; по подвижному цинку – до 1,3 ПДК, свинцу – до 3,5 ПДК. Среди соединений ПАУ приоритетными загрязнителями являются нафталин, фенантрен и флуорантен, концентрация которых в почве на всех исследуемых участках превышает ПДК/ОДК.

Применение противогололедных смесей и выбросы загрязняющих веществ обусловили возникновение проблемы засоления придорожных почв. Несмотря на промывной водный режим, характерный для условий Беларуси, сохраняется слабая и даже средняя степень засоления придорожных почв. Наибольший уровень засоления почв установлен для ЛФК улиц непрерывного движения, общегородского и районного значения. Наименьшая степень засоления придорожных почв характерна для ЛФК улиц местного значения, которые отличаются низкой интенсивностью движения автотранспорта и на которых, соответственно, вносится наименьшее количество солей.

Изучение состояния древесных насаждений в придорожных посадках показало, что в наиболее ослабленном состоянии находятся деревья первой и второй полос посадок от дороги, среди которых наиболее угнетены липа мелколистная и каштан конский обыкновенный виргинильных и молодых групп возраста. Проведенные корреляционный и детерминационный анализы свидетельствуют о связи (43 %) состояния зеленых насаждений с содержанием солей в почвах, на которых они произрастают.

На основании литературных данных и собственных результатов исследований почв, оценки жизненного состояния древесных насаждений даны рекомендации по оптимизации видового состава деревьев и кустарников вдоль улиц с учетом расстояния от проезжей части, уровня засоления почв и физиологических свойств растений (солеустойчивость, газоустойчивость и уровень газопоглотительной способности).

Разработана классификация автотранспортных ЛФК г. Минска и составлены разномасштабные карты, позволившие выделить различ-

ные типы автотранспортных ЛФК, отличающиеся категорией улицы, интенсивностью движения автотранспорта, степенью загрязнения снежного покрова и почв (рис. 5).

Организация ландшафтно-рекреационных территорий в городах

Учитывая темпы урбанизации в Беларуси, а также высокую плотность населения в городах и возрастающий уровень техногенных нагрузок, организация на урбанизированных территориях ландшафтно-рекреационного комплекса (ЛРК), эффективно выполняющего средообразующие, средозащитные, рекреационные и природоохранные функции, является важной задачей оптимизации городских геосистем и одним из направлений исследований лаборатории оптимизации геосистем.

Для целей изучения закономерностей организации ЛРК в городах Беларуси и оптимизации его структуры была проведена оценка степени участия относительно малоизмененных природно-растительных комплексов в территориальной структуре городов страны [14], а также разработаны критерии и методические подходы определения уровня структурно-функциональной организации ландшафтно-рекреационных территорий (ЛРТ). Из основных критериев выделены: озелененность функциональных зон, обеспеченность населения ЛРТ местного, районного и городского значения, состояние и устойчивость растительности к факторам негативного воздействия (загрязнению воздуха, рекреации), биологическое и ландшафтное разнообразие и др. При этом показано, что для целей городского планирования и управления природопользованием наиболее информативной является дифференцированная оценка уровня организации ЛРТ, проведенная в разрезе основных структурно-планировочных единиц города (кварталов, микрорайонов, ландшафтно-рекреационных объектов) [15].

Исследования уровня организации ЛРТ по основным критериям были проведены в ряде городов Беларуси – Минске, Витебске, Гродно, Могилеве, Бресте, Борисове, Полоцке, Светлогорске, Жодино и Смолевичах [15]. Полученные данные озелененности функциональных зон, обеспеченности населения ЛРТ, состояния и устойчивости насаждений и их отображение на детальных картосхемах позволили определить участки и размеры дефицита ЛРТ, а также выделить резервные территории для первоочередного благоустройства [15]. На примере модельных городов выявлено, что дефицит ЛРТ обычно формируется на их окраинах, удаленных или изолированных речным руслом, оврагами, балками, промзонами от благоустроенных ЛРТ (лесопарков, парков, скверов, бульваров) и лесов (рис. 6).



Рис. 5. Картосхема типов автотранспортных ЛФК г. Минска.

Типы ЛФК: 1 – ЛФК улиц непрерывного движения с очень высокой интенсивностью движения автотранспорта, высокой степенью загрязнения снежного покрова и почв; 2 – ЛФК улиц общегородского значения с очень высокой интенсивностью движения автотранспорта, высокой степенью загрязнения снежного покрова и почв; 3 – ЛФК общегородского значения с высокой интенсивностью движения автотранспорта, высокой, средней и низкой степенью загрязнения снежного покрова и почв; 4 – ЛФК общегородского значения со средней интенсивностью движения автотранспорта, средней и низкой степенью загрязнения снежного покрова и почв; 5 – ЛФК улиц районного значения со средней интенсивностью движения автотранспорта, средней и низкой степенью загрязнения снежного покрова и почв; 6 – ЛФК улиц районного значения с низкой интенсивностью движения автотранспорта, низкой степенью загрязнения снежного покрова и почв; 7 – ЛФК улиц местного значения с низкой интенсивностью движения автотранспорта, низкой степенью загрязнения снежного покрова и почв

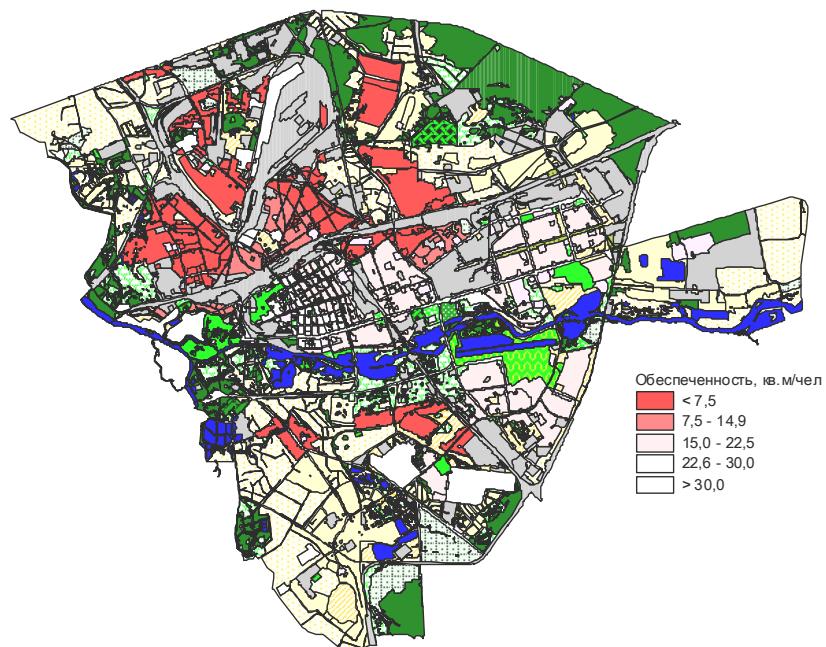


Рис. 6. Обеспеченность населения г. Бреста ландшафтно-рекреационными территориями районного и городского значения (без учета лесов и резервных территорий)

Оценка состояния и устойчивости насаждений к загрязнению воздуха и рекреации показала, что древесные насаждения в застроенной части большинства обследованных городов характеризуются преимущественно как «здоровые» и « здоровые с признаками ослабления», потенциально «относительно устойчивые» к загрязнению воздуха. Значительное ухудшение их состояния отмечается в некоторых промышленных, а также в импактных зонах. Во всех городах наблюдается их существенное ослабление вдоль транспортных магистралей, а также в посадках с преобладанием в составе старых деревьев и неустойчивых к загрязнению воздуха видов [15].

Ландшафтные подходы к изучению структуры городов, естественного биологического и ландшафтного разнообразия позволили выявить динамику, актуализировать экологическую значимость природных комплексов в городах и разработать рекомендации по их использованию и охране. На территории Минска выделены участки для сохранения биологического и ландшафтного разнообразия [1, 15, 16, 24].

Оценка уровня организации ЛРТ в городах страны, как по частным критериям, так и по интегральному показателю позволила обозначить основные проблемы и разработать направления оптимизации [15]. Помимо выявления закономерностей организации данное направление имеет высокое прикладное значение, так как результаты оценок используются для целей градостроительного планирования (при разработке территориальных комплексных схем рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды, генпланов) и управления природопользованием.

Геоэкологические исследования пригородных территорий

Геоэкологические исследования урбанизированных территорий включают в себя не только собственно городские, но и пригородные территории. Последним принадлежит исключительно важная роль в природно-ресурсном обеспечении городского развития и формировании городской среды.

Город и пригородная территория выступают как составные части единой системы «город-пригород», в которой город играет ведущее, а пригород – подчиненное положение. Основными движущими силами развития данной системы выступают потребности города. С течением времени они не остаются неизменными, что сказывается на характере природопользования в пределах пригородной территории [34–36].

Происходящие в пригородном природопользовании преобразования следует учитывать при организации деятельности по его экологической оптимизации. Особенно важным является не просто зафиксировать их, а установить такие параметры изменений, которые позволяют опре-

делить переход рассматриваемого объекта в иное качественное состояние – новую стадию развития. Это даст возможность адекватно расставить приоритеты оптимизационной деятельности.

На основании ретроспективного анализа пригородного природопользования установлено, что оно в своем развитии проходит 3 стадии. Первая из них характерна для начального периода взаимодействия города и прилегающей к нему территории. Она выражается в приспособлении пригородного природопользования для удовлетворения отдельных нужд города преимущественно в сельскохозяйственной продукции, а также размещении здесь очистных сооружений и складских помещений. Загрязнение окружающей среды в это время не отличается высоким уровнем и практически не оказывает негативного влияния на жизнедеятельность города.

Вторая стадия связана с интенсификацией использования природно-ресурсного потенциала пригородной территории в соответствии с расширяющимся перечнем потребностей города и прежде всего потребностей в отдыхе на природе. Здесь формируются места массового отдыха населения, создаются новые водозaborы, размещаются отдельные, выносимые из города промышленные предприятия. На отмеченной стадии экологические противоречия природопользования проявляются более отчетливо. Загрязнение окружающей среды, главным образом водоемов, становится значимым фактором, оказывающим негативное влияние на функционирование города.

Третья стадия начинается на этапе развития субурбанизации, который проходит в настоящее время система расселения Беларуси. Ее отличительными признаками являются высокие темпы роста застройки пригородной территории и размещение здесь части городского населения. Город на данной стадии перестает быть пространственно целостным образованием. Он сохраняет свое компактное ядро, к которому прибавляются территориально изолированные от него части застройки, размещаемые на пригородной территории. Нагрузки на природную среду на указанной стадии усиливаются. Соответственно, создаются предпосылки роста нагрузок на пригородную территорию.

В то же самое время указанная территория не должна утрачивать способностей выполнения экологических функций по оздоровлению городского воздушного бассейна, обеспечению благоприятного режима и состояния поверхностных и подземных вод, а также мест отдыха населения. Обязательным условием сохранения и повышения эффективности выполнения этих функций является экологически оптимальная организация природопользования в ее пределах.

Для обоснования подобного рода организаций выполнены исследования по определению

внешних экологических границ пригородной территории и оценке экологического состояния ландшафтов в их пределах. В качестве отмеченных границ приняты границы территории, которая, во-первых, оказывает влияние на состояние окружающей среды города, во-вторых, подвергается воздействиям с его стороны.

В основу выделения указанных границ положен анализ вещественно-энергетических связей города с окружающей его территорией по воздушным и водным потокам с использованием географических моделей розы ветров и водосборного бассейна. В результате получено, что внешнюю экологическую границу пригородной

территории должны составить границы зеленой зоны города, водосборного бассейна (или его части) протекающей по нему реки, а также водосборных бассейнов рек и иных водоемов, расположенных в зеленой зоне и используемых для нужд города.

С использованием приведенного подхода, определены внешние экологические границы пригородной территории Минска (рис. 7). Установлено, что они превышают проектные границы его пригородной и зеленой зон за счет включения в состав пригородной территории водосборного бассейна Вилейского водохранилища.



Рис. 7. Экологические границы пригородной территории г. Минска

В пределах выделенной пригородной территории Минска выполнена оценка экологического состояния ландшафтов. Установлена зависимость степени их преобразования от типовой принадлежности. Более высокий ее уровень отмечается у холмисто-моренно-эрэзионных, вторично-моренных и моренно-зандровых ландшафтов, особенно в случае, когда их покровные отложения представлены лессовыми породами, на которых формируются более плодородные почвы. Эти же ландшафты характеризуются большей интенсивностью проявления эрозионных процессов.

Исходя из полученной оценки, проведена группировка водосборных бассейнов пригородных водохранилищ по сложившимся в их пределах ландшафтно-экологическим условиям. Установлено, что из 8 таких бассейнов благоприятные ландшафтно-экологические условия имеютсь только в бассейне водохранилища Петровичское (р. Волма), удовлетворительные – в бассейнах Вилейского водохранилища (рр. Вилия, Двина, Илия, Сервечь) и водохранилища Вяча (р. Вяча), неблагоприятные – в бассейнах водохранилища Заславское, Криница и Дрозды (р. Свислочь), Птич (р. Птич) и Дубровенское (р. Усяжа). Наиболее сложными они являются в бассейне водохранилища Птич, где преобладание холмисто-моренно-эрэзионных ландшафтов с лессовидными суглинками обусловило очень высокий уровень сельскохозяйственного освоения территории и подверженность почв эрозии.

Полученные результаты обеспечивают выбор приоритетов при планировании водоохран-

ных мероприятий на пригородной территории Минска. Первоочередными объектами для них должны стать водосборные бассейны водохранилищ с неблагоприятными ландшафтно-экологическими условиями.

Заключение

Учитывая сложность взаимосвязей природных, технических и социальных составляющих, при постановке геоэкологических исследований не ставилась задача охватить все проблемы, решить все научные и практические задачи, возникающие на урбанизированных территориях. Внимание уделялось, прежде всего, методологическим вопросам, комплексной оценке и картографированию состояния городской среды, изучению источников воздействия и переноса вещества с воздушными и водными потоками, роли природно-антропогенных комплексов в функционировании города, вопросам сохранения ландшафтного и биологического разнообразия, организации ландшафтно-рекреационных территорий, функционирования отдельных типов ландшафтов в городах (болотным, автотранспортным и промышленным), взаимодействия города и пригорода и другим.

Геоэкологические исследования урбанизированных территорий постоянно расширяются; в сферу изучения вовлекается все больше городов и функциональных зон в их пределах. Внимание привлекают ранее не изучавшиеся загрязняющие вещества. Важной проблемой является прогноз изменения городской среды, оценка рисков, природно-ресурсного обеспечения устойчивого развития городов.

Литература

1. **Быкова, Н. К.** Функционирование и трансформация болотных комплексов на урбанизированных территориях (на примере г. Минска) : автореф. дис. ... канд. географ. наук / Н. К. Быкова. Минск, 2009.
2. **Быкова, Н. К.** Роль болот в сохранении биоразнообразия на урбанизированных территориях (на примере г. Минска) / Н. К. Быкова, Г. В. Ермоленкова, Т. Л. Лапко // Природные ресурсы. 2006. № 3. С. 103–112.
3. **Геоэкологические** исследования городов и урбанизированных территорий Беларуси / В. С. Хомич [и др.] // Природопользование. Минск, 2002. Вып. 8. С. 43–57.
4. **Губин, В. Н.** Геоэкология Минского региона / В. Н. Губин [и др.]. Минск, 2005.
5. **Гидрохимическая** характеристика речных вод Беларуси: оценка загрязнения средних и крупных рек / О. В. Кадацкая [и др.] // Природные ресурсы. 2008. № 2. С. 23–33.
6. **Елизарова, Л. В.** Экология города: теория, практика, участие общественности / Л. В. Елизарова. Минск, 2008.
7. **Заikanov, В. Г.** Методические основы геоэкологической оценки территории / В. Г. Заikanov [и др.]. М., 2008.
8. **Инструкция** о порядке проведения локального мониторинга окружающей среды юридическими лицами, осуществляющими эксплуатацию источников вредного воздействия на окружающую среду» (Утверждено Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 01.02.2007 № 9).
9. **Кухарчик, Т. И.** Изучение особенностей латерального и радиального распределения загрязняющих веществ в почвах на территории и в зонах воздействия промышленных предприятий (на примере лакокрасочных производств) / Т. И. Кухарчик [и др.] // Геохимия четвертичных отложений Беларуси : материалы Междунар. научн. конф. посв. 80-й годовщине со дня рожд. чл.-корр. НАН Беларуси, д.г.-м.н. В. А. Кузнецова Минск, 2011. С. 46–49.
10. **Какарека, С. В.** Изучение химического состава атмосферных осадков и снежного покрова на урбанизированных территориях (на примере г. Минска) / С. В. Какарека, О. Е. Белькович, В. Н. Чудук // Вестн. БГУ. 2010. Сер. 2. № 1. С. 90–94.
11. **Какарека, С. В.** Источники и уровни выбросов твердыхзвешенных частиц на территории Беларуси / С. В. Какарека, А. В. Мальчихина, А. В. Крылович // Природные ресурсы. 2007. №. С. 20–32.

12. **Какарека, С. В.** Оценка источников и уровней поступления формальдегида в атмосферный воздух (на примере г. Гомеля) / С. В. Какарека, А. В. Мальчихина // Природные ресурсы. 2011. № 1. С. 107–115.
13. **Какарека, С. В.** Трансграничное загрязнение атмосферного воздуха и его регулирование / С. В. Какарека. Минск, 2009.
14. **Кравчук, Л. А.** Структура природно-растительных комплексов в городах Беларуси / Л. А. Кравчук [и др.] // Природопользование. Минск, 2010. Вып. 18. С. 64–73.
15. **Кравчук, Л. А.** Структурно-функциональная организация ландшафтно-рекреационного комплекса в городах Беларуси / Л. А. Кравчук. Минск, 2011.
16. **Кухарчик, Т. И.** Состояние и пути использования городских болот Беларуси / Т. И. Кухарчик [и др.] // Изв. РАН. Сер. геогр. 1998. № 4. С. 110–114.
17. **Кадацкая, О. В.** Ландшафтные воды в условиях техногенеза / О. В. Кадацкая [и др.]. Минск, 2005.
18. **Мальчихина, А. В.** Антропогенные источники выбросов аммиака на территории Беларуси: выявление, оценка и прогноз : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / А. В. Мальчихина. Минск, 2010.
19. **Нормативно-правовые аспекты оценки и регулирования загрязнения почв в Республике Беларусь / В. С. Хомич // Экономика природопользования. 2010. № 4. С. 82–91.**
20. **Нормативно-правовые и научно-методические аспекты управления загрязненными территориями в зарубежных странах / Т. И. Кухарчик // Экономика природопользования. 2010. № 1. С. 35–48.**
21. **Овчарова, Е. П.** Поверхностный сток с территории города как фактор трансформации гидрологического режима принимающего водотока / Е. П. Овчарова // Природопользование. Минск, 2006. Вып. 12. С. 45–50.
22. **Овчарова, Е. П.** Эколого-геохимическая оценка поверхностного стока с городской территории (на примере г. Минска) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Е. П. Овчарова. Минск, 2006.
23. **Особенности** загрязнения почв в различных функционально-планировочных зонах Минска / В. С. Хомич [и др.] // Природопользование. Минск, 2009. Вып. 16. С. 71–81.
24. **Оценка и сохранение природного разнообразия городских ландшафтов / Т. И. Кухарчик [и др.] // Природопользование. Минск, 2008. Вып. 14. С. 27–37.**
25. **Полихлорированные бифенилы в почвах Белоруссии: источники, уровни загрязнения, проблемы изучения / Т. И. Кухарчик [и др.] // Почвоведение. 2007. № 5. С. 532–540.**
26. **Природный комплекс большого города: ландшафтно-экологический анализ / Э. Г. Коломыц [и др.]** М., 2000.
27. **Прогноз изменения окружающей природной среды Беларуси на 2010–2020 гг. / Под ред. В. Ф. Логинова.** Минск, 2004.
28. **Пространственная структура, уровни и источники загрязнения почв г. Минска / В. С. Хомич [и др.] // Природные ресурсы. 2003. № 4. С. 42–53.**
29. **Рыжиков, В. А.** Эколого-геохимическая оценка автотранспортных ландшафтно-функциональных комплексов (на примере г. Минска) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / В. А. Рыжиков. Минск, 2010.
30. **Савченко, С. В.** Закономерности распределения микроэлементов в пойменных экосистемах урбанизированных территорий / С. В. Савченко, С. Е. Головатый, В. В. Савченко // Природные ресурсы. 2000. № 3. С. 112–119.
31. **Санец, Е. В.** Аэротехногенные потоки серы как фактор геохимической трансформации геосистем Беларуси : автореф. дис. ... канд. геогр.. наук / Е. В. Санец. Минск, 2005.
32. **Светлогорск: экологический анализ города / В. С. Хомич [и др.]** Минск, 2002.
33. **Содержание минерального фосфора в речных водах бассейна Днепра: пространственно-временной анализ / О. В. Кадацкая [и др.] // Природопользование. Минск, 2009. Вып. 16. С. 49–56.**
34. **Струк, М. И.** Критерии природной дифференциации пригородной территории по условиям природопользования / М. И. Струк, Т. К. Кавцевич // Природопользование. Минск, 2004. Вып. 10. С. 48–53.
35. **Струк, М. И.** Региональные особенности оптимизации окружающей среды Беларуси / М. И. Струк. Минск, 2007.
36. **Струк, М. И.** Экологическая оптимизация территориальной структуры пригородного природопользования / М. И. Струк // Природопользование. Минск, 1996. Вып. 1. С. 131–134.
37. **Фалолеева, М. А.** Пространственная структура городских ландшафтов и оценка их экологического потенциала (на примере г. Минска) : автореф. дис. ... канд. геогр.. наук / М. А. Фалолеева. Минск, 2004.
38. **Хомич, В. С.** Геохимическая трансформация природной среды в городах Беларуси : автореф. дис. ... д-ра. геогр.. наук / В. С. Хомич. Минск, 2005.
39. **Хомич, В. С.** Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси / В. С. Хомич [и др.] Минск, 2004.
40. **Экогеохимия** городских ландшафтов / Под ред. Н. С. Касимова. М., 1995.
41. **Aucharova, A.** Urban Runoff – Contamination, Problems of Treatment and Impact on Receiving Water / A. Aucharova, V. Khomich // Integrated Urban Water Resources Management / NATO Security through Science Series-C : Environmental Security ; edit. by P. Hlavinek [et al.]. Netherlands : Springer, 2006. P. 191–200.
42. **Derivation** Methods of Soil Screening Values in Europe / C. Carlon [et al.] // A review and evaluation of national procedures towards harmonization. European Commission, Joint Research Centre. Ispra, 2007.
43. **PCBs in Soil of Belarus: Regional and Local Aspects / T. Kukharchyk [et al.] // Advances in Environmental Research. Vol. 6. Nova Science Publishers. 2011. P. 539–552.**

**В. С. Хомич, С. В. Каракея, Т. И. Кухарчик, М. И. Струк, Л. А. Кравчук,
О. В. Кадацкая, С. В. Савченко, Е. В. Санец, Н. К. Быкова,
Е. П. Овчарова, В. А. Рыжиков**

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ БЕЛАРУСИ

Приведены результаты геоэкологических исследований урбанизированных территорий Беларуси, выполненных в Институте природопользования НАН Беларуси за последнее десятилетие. Данные эколого-геохимических исследований атмосферного воздуха, почв и поверхностных вод в урбанизированных условиях показали существенную их трансформацию в городах. Детальные исследования почв позволили определить перечень приоритетных загрязняющих веществ в различных функциональных зонах городов Беларуси, детализированный для почв промплощадок с учетом специализации промышленных предприятий и специфики источников поступления загрязняющих веществ, что использовано для совершенствования нормативной правовой базы. Разработанные научно-методические подходы к выявлению источников и получению пространственно распределенных оценок выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, базирующиеся на сочетании данных статистического учета выбросов, международных методологий оценки выбросов, результатов экспериментальных исследований и картографирования, позволило оценить уровни поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух на территории Беларуси, а также в ряде городов для основных и некоторых специфических поллютантов. Подходы к комплексной оценке состояния городской среды позволили провести интегрированный анализ (для Минска и Светлогорска). Изучение особенностей функционирования водно-болотных экосистем показало их способность устойчиво функционировать в условиях урбанизированной среды. Исследования автотранспортных ландшафтно-функциональных комплексов выявили основные закономерности миграции поллютантов в них. Оценка и картографирование организации ландшафтно-рекреационных территорий позволили выявить в ряде городов Беларуси участки дефицита насаждений, оценить их состояние, устойчивость к факторам городской среды. Исследования пригородных территорий выявили их экологические границы, что способствовало разработке подходов к оценке экологического состояния пригородных ландшафтов, а также приоритетных направлений планирования пригородных территорий.

**V. S. Khomich, S. V. Kakareka, T. I. Kukharchyk, M. I. Struk, L. A. Kravchuk,
O. V. Kadatskaya, S. V. Savchenko, E. V. Sanets, N. K. Bykova,
E. P. Ovcharova, V. A. Ryzhikov**

GEOECOLOGICAL RESEARCHES OF THE URBANIZED TERRITORIES OF BELARUS

The results of geoecological researches of the urbanized territories of Belarus are provided in the article. These researches have executed in the Institute for Nature Management of NAS of Belarus during the last decade. Data on the quality of atmospheric air, soils and surface water in urbanized conditions have shown the essential transformation of these components in cities. Detailed researches of soils have allowed to define the list of priority polluting substances in various functional zones of cities of Belarus which was used for an improvement of the legal framework. This list is developed in details for the soils of industrial sites taking into account the specialization of industrial enterprises and specific character of emission sources. The developed scientific and methodical approaches to the identification and spatial distribution of emission sources have allowed to estimate the level of emission of the main and some specific pollutants to the atmosphere in Belarus in general and in some cities. These approaches are based on the combination of statistic data, international methodology of emission estimation, results of experiments and mapping. Approaches to the complex estimation of city environment made it possible to carry out an integrated analysis of the environment of Minsk and Svetlogorsk. Studying of features of functioning of wetland complexes has shown their ability to function sustainably in urban environment. Studying of transport landscapes have revealed basic regularities of pollutants in them. The assessment and mapping of the organization of recreational territories made it possible to revealed sites with the deficiency of planting in a number of cities of Belarus, to estimate their condition and stability to the factors of urban environment. Researches of suburban territories have revealed their ecological borders and helped to elaborate approaches to the estimation of environmental condition of suburban landscapes and development of priority directions of suburban territories planning.

С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик

ИСТОЧНИКИ ПОСТУПЛЕНИЯ СТОЙКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ: ОПЫТ ВЫЯВЛЕНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ

Кратко изложены результаты изучения стойких органических загрязнителей (СОЗ) в Институте природопользования. Исследования начаты в конце 1990-х гг. Представлены достижения в области изучения источников непреднамеренных выбросов СОЗ (диоксины/фуранов, ПХБ, ГХБ, ПАУ), выявления и оценки запасов ПХБ, изучения загрязнения почве ПХБ в местах использования и хранения ПХБ-содержащего оборудования. Указаны разработанные научно-методические и нормативные технические документы, касающиеся обращения с СОЗ, оценки выбросов; приведена характеристика информационной базы экологически безопасного управления СОЗ.

В конце 1990-х гг. в Институте проблем использования природных ресурсов и экологии (ныне Институт природопользования) начало развиваться новое направление исследований, связанное с изучением стойких органических загрязнителей (СОЗ), выявлением и оценкой их источников, поведения в окружающей среде, последствий воздействия. В значительной степени этому способствовала активная деятельность международных организаций по признанию СОЗ опасными веществами, требующими регулирования обращения на локальном, региональном и глобальном уровнях, а также признание Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды необходимости определения ситуации с СОЗ в Беларуси. Следует отметить большую роль Метеорологического синтезирующего центра «Восток» (МСЦ-В) и Программы ЕМЕП в целом в постановке и развитии исследований по выявлению источников СОЗ, оценке поступления опасных химикатов в атмосферный воздух на территории бывшего постсоветского пространства, включая Беларусь.

Стойкие органические загрязнители являются высокоядовитыми для человека и экосистем веществами в связи с их токсичностью, устойчивостью к разложению, способностью к аккумуляции в жиро содержащих тканях живых организмов и перемещению по пищевой цепи, а также переносу с воздушными и водными потоками на большие расстояния. Опасность воздействия СОЗ связана не только с непосредственным контактом с ними, но и с опосредованным воздействием через загрязненные территории и миграционные потоки. Попадая в организм человека, СОЗ могут приводить к различным тяжелым заболеваниям, в том числе онкологическим, сердечно-сосудистым, респираторным, заболеваниям печени и почек, метаболическим и гормональным нарушениям.

Согласно [14], к СОЗ относятся 16 веществ: альдрин, хлордан, дильдрин, эндрин, гептахлор, гексахлорбензол (ГХБ), мирекс, токса-

фен, полихлорированные бифенилы (ПХБ), ДДТ, гексабромдифенил, хлордекон, ГХЦГ-линдан, полихлорированные дибензо-п-диоксины и дибензофураны (ПХДД и ПХДФ) и четыре соединения ПАУ (бензо(a)пирен, бензо(b)флуорантен, бензо(k)флуорантен, индено (1,2,3-cd)пирен). Протокол по СОЗ – региональное соглашение, действие которого ограничено странами-участниками Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (страны Европы, США, Канада).

В мае 2001 г. в Стокгольме состоялось подписание Конвенции о СОЗ под эгидой ЮНЕП, имеющей уже глобальный характер. В настоящее время Сторонами Стокгольмской конвенции является более 150 стран. Цель ее – охрана здоровья человека и окружающей среды от СОЗ. Первоначально в Стокгольмскую конвенцию было включено 12 химических веществ, в том числе альдрин, дильдрин, хлордан, ДДТ, эндрин, гептахлор, гексахлорбензол, мирекс, токсафен, ПХБ, ПХДД и ПХДФ. В 2009 г. на 4-й Конференции Сторон Стокгольмской конвенции о СОЗ было принято решение о расширении перечня регулируемых СОЗ и включении в него дополнительно девять новых соединений, по своим свойствам, поведению в окружающей среде и эффектам воздействий на живые организмы подпадающих под определение СОЗ. Перечень «новых» СОЗ включает следующие соединения и их группы: альфа-гексахлорциклогексан, бета-гексахлорциклогексан, хлордекон, гексабромдифенил, гексабромдифениловый эфир и гептабромдифениловый эфир (коммерческий октабромдифениловый эфир), линдан, пентахлорбензол, перфтороктановую сульфоновую кислоту, ее соли и перфтороктановый сульфонилфторид, тетрабромдифениловый эфир и пентабромдифениловый эфир (коммерческий пентабромдифениловый эфир) [17].

Республика Беларусь присоединилась к Стокгольмской конвенции о СОЗ в феврале 2004 г. в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь «О присоединении Республики

Беларусь к Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях» от 26 декабря 2003 г. № 594, в полной мере приняв на себя направне с большинством других стран мира обязательства по решению проблемы СОЗ. В частности, Конвенция предусматривает прекращение использования ПХБ к 2025 г. и экологически безопасное удаление ПХБ к 2028 г. Помимо этого, каждая Сторона Конвенции на регулярной основе должна представлять данные о непреднамеренных выбросах СОЗ, а также предпринимать необходимые меры по экологически безопасному обращению с СОЗ, выявлению и очистке загрязненных территорий.

Ниже кратко представлены основные результаты исследования СОЗ в Беларуси, выполненные в Институте природопользования.

Изучение источников выбросов СОЗ.

Работы в рамках данного направления нацелены на создание и развитие научно-методического и информационного обеспечения выявления источников и оценки выбросов СОЗ. Из списка СОЗ, данные о выбросах которых регулируются международными соглашениями, непосредственно в атмосферный воздух выбрасываются диоксины/фураны, ПАУ, и, в меньшей степени, ПХБ и ГХБ.

Следует отметить, что в статистических отчетах предприятий практически отсутствует информация о выбросах СОЗ, либо приводимые величины выбросов малодостоверны. В связи с этим все оценки выбросов СОЗ необходимо выполнять расчетным путем по международным методологиям с использованием удельных показателей выбросов.

Первые экспертные оценки выбросов ПХДД/Ф для Беларуси и других стран европейской части бывшего СССР получены авторами в ходе выполнения одного из проектов в рамках Программы ЕМЕП [25]. К настоящему времени выполнены расчеты выбросов ПХДД/Ф, ГХБ, ПХБ и ПАУ для основных категорий источников на территории Беларуси за период с 1990 по 2010 гг. [4, 16]. Данные о выбросах ежегодно представляются в ЕЭК ООН, что обеспечивает выполнение обязательств по Программе ЕМЕП Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния.

По результатам исследований разработаны удельные показатели выбросов СОЗ: диоксины/фураны, полихлорированные бифенилы, гексахлорбензола, ПАУ для основных категорий источников [4]. При разработке удельных показателей использованы удельные показатели выбросов, приведенные в Методическом руководстве по выявлению и количественной оценке выбросов диоксинов и фуранов (2009), Руководстве ЕМЕП/КОРИНЭЙР (2006), а также результаты обобщений других источников и данные

экспериментальных исследований, касающиеся ПАУ [2, 3, 5, 23, 24].

Первый научно-методический документ, касающийся расчета выбросов СОЗ, подготовлен в 2003 г. [7], что позволило существенно улучшить методическое обеспечение инвентаризации выбросов данных загрязняющих веществ в Беларуси. Однако выполненные разработки были направлены в основном на методическое обеспечение инвентаризации выбросов на национальном и региональном уровнях.

В 2011 г. утвержден ТКП 17.08-13-2011 «Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов стойких органических загрязнителей», разработанный в рамках задания 2.30 ГНТП «Экологическая безопасность». ТКП устанавливает единый порядок расчета выбросов в атмосферу следующих СОЗ: диоксинов/фуранов, ПХБ, ГХБ и индикаторных соединений ПАУ (бензо(а)пирена, бензо(б)флуорантена, бензо(к)флуорантена, индено(1,2,3-с,д)пирена). ТКП предназначен для оценки выбросов СОЗ в атмосферный воздух при проведении инвентаризации источников выбросов загрязняющих веществ, установлении нормативов ПДВ, учете и нормировании выбросов веществ в атмосферный воздух и других целей. Настоящий документ содержит удельные показатели выбросов СОЗ для основных категорий источников выбросов в Беларуси.

Следует отметить, что в течение ряда лет Институт природопользования выполнял исследования, направленные на совершенствование Руководства по инвентаризации выбросов ЕМЕП/КОРИНЭЙР и адаптацию методологии инвентаризации выбросов ЕМЕП к условиям Беларуси и других стран СНГ. Был подготовлен ряд разделов Руководства ЕМЕП/КОРИНЭЙР, касающихся выбросов СОЗ, получивших признание Программы ЕМЕП.

Впервые в Беларуси инициированы и реализованы работы по экспериментальным исследованиям отходящих газов при сжигании твердых видов топлива, в том числе от такой категории источников как малые топливосжигающие установки, а также при открытом горении бытовых отходов, отходов растениеводства; проведены модельные исследования с имитацией лесных пожаров и пожаров на торфяниках [2, 5, 23, 24].

В результате экспериментальных исследований получены закономерности формирования приоритетных СОЗ при сжигании различных видов твердого топлива, указывающие на более высокие уровни выбросов ПАУ при сжигании влажного древесного топлива по сравнению с сухим, а также с торфяным брикетом; более высокие выбросы от бытовых печей в сравнении с котлами, а также при процессах открытого горе-

ния (лесные пожары, пожары на торфяниках, открытое сжигание отходов). Установлено, в частности, что в зависимости от типа и конструкции бытовой печи, породного состава и влажности дров, условий горения и других факторов содержание ПАУ в летучей золе и саже может существенно различаться: зафиксированная сумма 16 соединений находится в диапазоне 805–7300 мг/кг. Содержание одного из самых канцерогенных веществ – бенз(а)пирена в летучей золе и саже при сжигании дров достигает 1000 мг/кг, составляя в среднем 240 мг/кг. Бензо(а)пирен, наряду с другими высокомолекулярными соединениями практически полностью поступает в атмосферу в аэрозольной форме. Среди бытовых печей максимальные выбросы ПАУ характерны для печей, не оборудованных колосниковой решеткой (в частности, русских).

Суммарные выбросы диоксинов/фуранов в 2010 г., согласно выполненным оценкам, составили 131,5 г ЭТ, в том числе в атмосферный воздух – 36,2 г ЭТ, воду – 0,4, почву – 1,1, продукты – 0,1 и остатки – 93,7 г ЭТ. Основной объем диоксинов/фуранов поступает в остатки (71,3 %) и атмосферный воздух (27,5 %), на прочие среды приходится 1,2 % объема поступления (рис. 1).

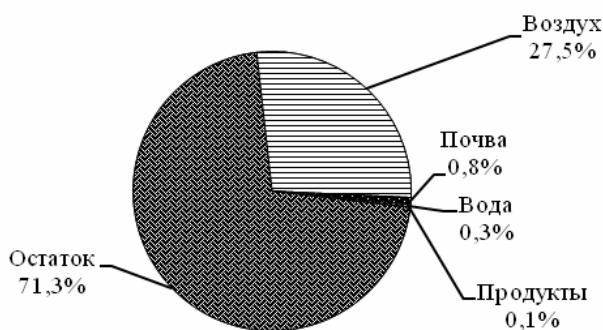


Рис. 1. Распределение выбросов диоксинов/фуранов по различным средам

Основной вклад в выбросы в атмосферу вносят такие категории как высокотемпературное сжигание отходов (36 %), производство черных и цветных металлов (27 %) и производство электроэнергии и тепловой энергии (27 %).

Выбросы ГХБ в атмосферный воздух в 2010 г., согласно оценкам, составили 0,89 кг, выбросы ПХБ – 11,7 кг в год.

Суммарные выбросы четырех индикаторных соединений ПАУ составили, согласно оценкам на 2010 г., 41,6 т. Основной вклад в выбросы ПАУ вносят процессы сжигания топлива в жилом секторе. Так, например, доля данного источника в общих выбросах бензо(b)флуорантена составила 64 %.

С 2007 г. в рамках реализации положений Национального плана выполнения обязательств по Стокгольмской конвенции ведется обновление Кадастра непреднамеренных выбросов СОЗ, который содержит данные о поступлении диоксинов/фуранов в различные среды (воздух, воду, почву, остатки, продукты), выбросы ПХБ и ГХБ в атмосферу по категориям источников за 2007–2010 гг., а также по точечным источникам поступления диоксинов/фуранов за 2010 г.

Разработан прогноз выбросов СОЗ (диоксинов/фуранов, полихлорированных бифенилов и гексахлорбензола) по основным секторам источников выбросов на 2010, 2015 и 2020 гг. по трем сценариям – базовому, текущего законодательства и оптимистическому. Прогноз выбросов СОЗ предназначен для представления в секретариат Стокгольмской конвенции о СОЗ, что позволяет выполнить международные обязательства Республики Беларусь перед данной Конвенцией.

Полученные результаты использованы при разработке стратегии и плана действий в отношении источников непреднамеренных выбросов СОЗ и явились составной частью Национального плана выполнения обязательств, принятых Республикой Беларусь по Стокгольмской конвенции о СОЗ [9, 10].

Выявление и оценка запасов ПХБ. Для Беларуси наибольшую проблему среди СОЗ представляют ПХБ, которые использовались и продолжают широко использоваться в качестве диэлектриков и охлаждающей жидкости в силовом электрооборудовании в различных сферах хозяйственной деятельности. Кроме того, в Беларуси около 30 лет ПХБ использовались в качестве сырьевой добавки при производстве лакокрасочной продукции. Вместе с тем, в отличие от пестицидов, ПХБ не рассматривались как опасные загрязнители; как и во многих других странах бывшего СССР, контроль за использованием ПХБ и содержанием в природных компонентах не осуществлялся.

Выявление источников ПХБ, оценка накопленных запасов в оборудовании, материалах, отходах; выявление типов ПХБ-содержащего оборудования и отходов – одно из важнейших условий решения проблемы этих СОЗ, информационная основа выполнения обязательств по Стокгольмской конвенции о СОЗ, а также разработки природоохранных мероприятий с целью предупреждения поступления СОЗ в окружающую среду. Для оценки объемов ПХБ наиболее эффективным методом является инвентаризация – непосредственный учет ПХБ-содержащего оборудования и материалов.

В 1999 г. были получены первые экспериментальные оценки количества ПХБ в Беларуси на основе балансовых расчетов производства – потребления ПХБ на территории бывшего СССР [25].

Первая широкомасштабная инвентаризация ПХБ выполнена в 2003–2004 гг. в рамках Государственной научно-технической программы «Экологическая безопасность» [5, 6], результаты которой явились основой создания базы данных о ПХБ. В 2005 г. инвентаризация была продолжена в рамках проекта GEF TF053865 «Первоочередные мероприятия по выполнению Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях (СОЗ) в Республике Беларусь» (2005–2006 гг.). В последующие годы (2007, 2008, 2010 и 2011 гг.) проводилось обновление информации о ПХБ и актуализация базы данных.

Для проведения первой инвентаризации ПХБ был разработан комплект научно-методических документов, включающий «Методические указания по проведению инвентаризации полихлорированных бифенилов», «Форму отчета о полихлорированных бифенилах», «Указания по заполнению формы отчета о полихлорированных бифенилах» (Утверждены приказом Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 29 декабря 2003 г. № 538). Инвентаризация проводилась с помощью запросов как непосредственно на предприятия, так и в министерства/ведомства.

В целом, выявление ПХБ и оценка их запасов в Беларуси выполняются на основании единой методологической базы с последовательным усложнением задач и уточнением результатов. Основополагающими принципами являются: максимально полный охват видов деятельности, где возможно использование ПХБ-содержащего оборудования; заполнение первичных форм непосредственно предприятиями – владельцами ПХБ-содержащего оборудования; получение информации о состоянии оборудования, местах их установки и хранения; поддержка процесса инвентаризации министерствами и ведомствами для повышения эффективности сбора данных; методологическое и информационное обеспечение инвентаризации на всех этапах [6, 27]. Исследования показали, что постоянное обновление требуется не только в отношении собственно ПХБ-содержащего оборудования, его состояния и статуса, но и в отношении его владельцев.

Последняя по времени актуализация данных о ПХБ в Беларуси проведена в 2011 г. Разработанная процедура рассылки запросов и получения информации позволила на 85 % обновить данные о количестве ПХБ-содержащих конденсаторов и на 90 % – о количестве ПХБ-содержащих трансформаторов.

Выполненные исследования показали, что в настоящее время в Беларуси общий объем жидких ПХБ оценивается в 1,56 тыс. т (в оборудовании, находящемся в эксплуатации или выведенном из эксплуатации). Всего выявлено 53,3 тыс. ПХБ-содержащих конденсаторов и 302 трансформатора (без учета оборудования,

переведенного в отходы). Масса выявленных ПХБ-содержащих отходов, включающих загрязненный грунт, трансформаторы после слива солова, силовые конденсаторы, малогабаритные конденсаторы и другие субстраты, оценивается в 207,5 т. Суммарная масса ПХБ-содержащего оборудования и отходов (брутто) оценивается почти в 5 тыс. т.

Для сравнения отметим, что в странах Европейского Союза оставшиеся запасы ПХБ оцениваются в 83 тыс. т [21]. В России общее количество выявленных ПХБ-содержащих конденсаторов составляет примерно 500 тыс. ед., трансформаторов – 10 тыс. ед., объем жидких ПХБ – 28–30 тыс. т [19]. ПХБ-содержащее оборудование продолжают использовать также в США и Канаде, которые ввели ограничения и запреты на использование ПХБ еще в 1970-х гг. и в которых значительная часть ПХБ-содержащих конденсаторов и трансформаторов утилизирована. Так, например, в Канаде по состоянию на 2008 г. объем ПХБ оценивался в 19,4 тыс. т в эксплуатирующем электрооборудовании и 9,6 тыс. т в выведенном из эксплуатации [30]. В США в базе данных остаются зарегистрированными 578 ПХБ-содержащих трансформаторов [28].

Согласно выполненным ранее оценкам, в Беларуси было использовано около 5 тыс. т солова для производства лакокрасочной продукции. Однако поскольку лаки и краски, производимые с соловом, поставлялись преимущественно на экспорт, то можно предположить, что практически весь солов оказался вывезен из страны. Некоторая его часть рассеялась в окружающей среде с отходами, утечками, а также при использовании лакокрасочных материалов.

В целом в страну поступило примерно 0,4–0,5 % от общего объема произведенных ПХБ в мире, из них около 24 % – в составе электрооборудования.

В 2010 г. в рамках пилотного проекта была вывезена первая партия ПХБ-содержащего оборудования (19 т) на утилизацию в Германию. В 2012 г. в рамках полномасштабного проекта ГЭФ планировалось вывезти примерно 800 т (брутто) ПХБ-содержащего оборудования на утилизацию во Францию.

Как уже отмечалось выше, от точности и полноты оценок запасов ПХБ в стране зависит последующее принятие мер по их экологически безопасному удалению. Опыт инвентаризации ПХБ в Беларуси, а также анализ доступных материалов относительно результатов инвентаризации в других странах свидетельствует, что пока сложно оценить баланс ПХБ исходя из объемов их производства, использования и утилизации. Это обусловлено тем, что, с одной стороны, к ПХБ и ПХБ-содержащим отходам начали относить трансформаторные масла, другие субстраты, загрязненные ПХБ; с другой, – часть собст-

венно ПХБ-содержащего оборудования все еще остается невыявленным. Это означает, что как на местном (региональном), так и на глобальном уровнях необходима разработка более четких критериев определения ПХБ-содержащих субстратов, а также продолжение (развитие) работ по идентификации оборудования и отходов и выявления их владельцев.

В Беларуси, согласно обновленным данным, из общего объема ПХБ 47,7 % сосредоточено в силовых трансформаторах и 52,3 % – в силовых конденсаторах. По сравнению с 2005 г. соотношение объемов ПХБ в оборудовании изменилось, что обусловлено, помимо выявления «новых» владельцев, более корректной идентификацией ПХБ-содержащих трансформаторов и более точным учетом ПХБ-содержащих конденсаторов,

часть которых ранее не учитывалась, например на консервированных производствах.

За прошедшие после первой инвентаризации годы почти в 2 раза увеличилось количество ПХБ-содержащих конденсаторов, выведенных из эксплуатации, на долю которых сейчас приходится 47 % их общего количества.

Исследования показали, что ПХБ-содержащее оборудование имеется более чем в 160 населенных пунктах, которые рассредоточены практически по всей территории страны. Наибольшие объемы ПХБ приходятся на города Бобруйск, Минск и Гомель – 296,8 т, 274,8 и 116,1 т соответственно (рис. 2). Несомненно, после учета вывезенного из страны оборудования, ситуация несколько изменится.

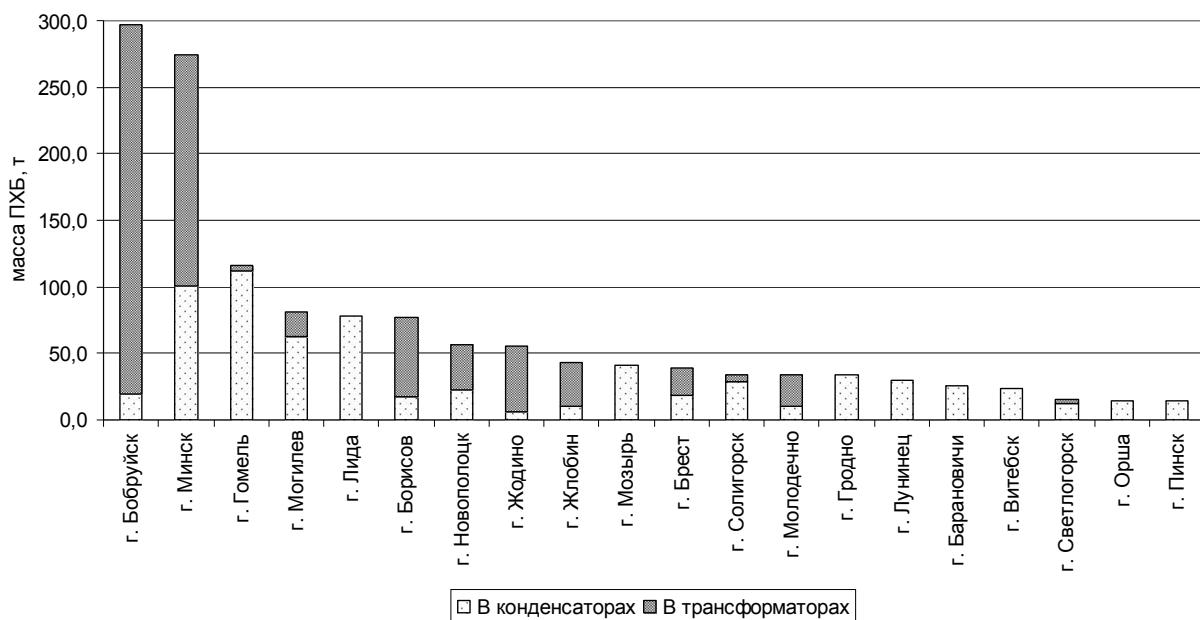


Рис. 2. Распределение ПХБ в электрооборудовании по городам Беларуси

В ходе исследований создана база данных о ПХБ, которая содержит актуальную информацию о предприятиях-владельцах ПХБ, о количестве и режиме эксплуатации ПХБ-содержащего оборудования, а также объемах ПХБ по предприятиям; информацию о ПХБ-содержащих отходах. База данных включает таблицы, формы и запросы, позволяющие получить необходимую информацию в наглядном и удобном виде.

Результаты исследования использованы для разработки НПВ [9, 10]. По результатам выполненных исследований разработаны и утверждены «Рекомендации по предотвращению загрязнения окружающей среды полихлорированными бифенилами» (2006) и «Правила обращения с оборудованием и отходами, содержащими полихлорированные бифенилы» (2008) [13, 15].

Загрязнение почв СОЗ. Изучения загрязнения почв ПХБ и ПАУ были начаты практически

одновременно с изучением источников их поступления в окружающую среду и выполнялись в рамках ряда заданий ГНТП «Экологическая безопасность», задания 05 ГПОФИ «Природопользования», международного проекта ГЭФ, ряда прямых договоров. Исследования выполнялись с учетом характера источников поступления данных веществ, приоритетности работ по выявлению наиболее загрязненных территорий (участков), ландшафтно-геохимических особенностей исследуемых территорий, а также опыта изучения указанных СОЗ в других странах. Выявление загрязненных ПХБ территорий при изучении локальных источников основывалось на следующих принципах: предварительного установления мест наиболее вероятного поступления ПХБ в окружающую среду (мест использования и хранения ПХБ-содержащего оборудования); рекогносцировочного обследования территорий с исполь-

зованием ландшафтно-геохимических методов и методов упорядоченного отбора проб; выполнения аналитических работ с определением ПХБ в пробах почвы; уточнения результатов, выявления типов формирования ореолов загрязнения.

За период с 2003 по 2011 гг. рекогносцировочно обследовано около 80 подстанций распределительной сети и ряд промышленных предприятий, где используется ПХБ-содержащее оборудование, в рамках локального мониторинга почв проведены исследования промплощадки ОАО «Лакокраска». Кроме того, выполнен отбор нескольких проб на территории Минска, Лиды и Бобруйска для получения ориентировочных оценок накопления ПХБ на урбанизированных территориях. Для установления регионального фона ПХБ проведен отбор проб почв в лесных массивах и на сельскохозяйственных угодьях, удаленных от основных источников воздействия.

Изучение содержания ПАУ осуществлялось на территории ряда промышленных предприятий машиностроения и металлообработки, котельных установок, а также предприятий по производству шин и пропитке шпал. Кроме того, отобраны и проанализированы почвенные пробы в различных функциональных зонах урбанизированных территорий (преимущественно в г. Минске).

Методики полевых исследований, включая отбор проб почвы, а также химико-аналитического определения ПХБ описаны в работах [6, 8, 18]. Подчеркнем лишь, что оценка уровня загрязнения почвы для определения мер по очистке загрязненных территорий выполнялась с использованием критериев и нормативно-методических документов стран ЕС и США [11, 20, 22], а также значений, принятых Стокгольмской конвенцией о СОЗ [17]. Для выделения наиболее загрязненных участков ПХБ использовано значение 500 мг/кг, поскольку при таком содержании ПХБ любые субстраты приравниваются к ПХБ-содержащим и подлежат изъятию и утилизации.

Наибольший интерес представляют результаты изучения ПХБ в зонах локальных источников воздействия и, прежде всего, в местах установки и хранения ПХБ-содержащего оборудования (на площадках батарей статических конденсаторов – БСК). Пожалуй, в отношении данной категории источников впервые на территории постсоветского пространства и многих других стран выявлены особенности загрязнения почв ПХБ [1, 6, 12, 26, 29].

Установлено, что на площадках БСК содержание суммы ПХБ варьирует от нескольких микрограмм до десятков и сотен грамм на килограмм почвы. Наиболее высокие уровни загрязнения почв с превышением значения 500 мг/кг выявлены в местах утечек и разливов ПХБ, в том числе: под поврежденными конденсаторами (с явными признаками высачивания жидкости), под неповрежденными недавно установленными конденсаторами (следствие ретроспективных утечек), а также в местах хранения поврежденного оборудования. Зафиксированные в последнее

время более высокие максимальные значения, достигающие в поверхностных горизонтах почвы 130 г/кг в местах установки конденсаторов, подтверждают значительную вариабельность содержания загрязняющих веществ даже в пределах четко диагностируемых аномалий. В большинстве случаев экстремально высокие уровни содержания ПХБ в почве обнаруживаются визуально, при этом признаками загрязнения почвы ПХБ являются ее замасленность, темный цвет, специфический запах.

Следует отметить, что иногда на подстанциях электросетей визуально диагностируемое загрязнение почвы (по указанным выше признакам) связано с другой группой загрязняющих веществ – нефтепродуктами, на основе которых изготовлены трансформаторные и компрессорные масла, масла для выключателей, различные типы смазок. Поэтому дополнительным и необходимым признаком идентификации характера загрязнения является собственно электрооборудование, т. е. ПХБ-содержащие конденсаторы. К настоящему времени химико-аналитические исследования почти в 100 % случаев подтверждают загрязнение почв ПХБ именно на БСК.

Установлено, что непосредственно на территории БСК в 29 % случаев, а в местах хранения – в 35 % содержание ПХБ превышает значение 500 мг/кг. Такие концентрации за пределами мест установки и хранения ПХБ-содержащих конденсаторов практически не встречаются; в единичных случаях (4 %) они зафиксированы в непосредственной близости от БСК, что может быть связано с утечками ПХБ при транспортировке поврежденных конденсаторов. Высока доля проб (40–45 %) с содержанием ПХБ от 1 до 50 мг/кг.

В целом уровни загрязнения почв ПХБ и структура педохимических аномалий в зонах локальных источников воздействия обусловлены, прежде всего, техногенными факторами. При этом для аномалий, сформировавшихся в результате утечек и разливов промышленных химикатов, характерны принципиальные отличия от аномалий, обусловленных атмосферным поступлением загрязняющих веществ.

Приведенные особенности загрязнения почв должны приниматься во внимание при выборе технологий очистки почв и определении первоочередных мероприятий по ликвидации последствий утечек ПХБ. В целом площадь ореолов с экстремально высоким уровнем загрязнения почв ПХБ в пределах одной БСК может варьировать от менее одного до нескольких десятков и сотен квадратных метров; по сути, в местах утечек ПХБ формируются ПХБ-содержащие субстраты, подлежащие изъятию и последующему экологобезопасному удалению. Всего в результате исследований выявлено более 50 подстанций, на которых имеются загрязненные почвы, требующие очистки и восстановления. Ориентировочная площадь участков с содержанием ПХБ в почвах 500 мг/кг и более может составлять до 1000 м², а объем сильно за-

грязненного грунта, подлежащего изъятию, – 350–750 т. Принимая во внимание необследованные подстанции электросетей, где также высока вероятность загрязнения почв ПХБ, обследованные подстанции с используемым ПХБ-содержащим оборудованием, а также другие предприятия-владельцы ПХБ-содержащего оборудования, можно предполагать, что на территории Беларусь насчитывается 150–200 потенциально загрязненных площадок, а объемы сильно загрязненного грунта в целом для Беларусь могут составить 2000–3000 т. Уточнение площади и объема загрязненных почв возможно после демонтажа оборудования на БСК.

Перспективы развития исследований.

Опыт изучения СОЗ в Беларусь, полученные результаты исследований, а также необходимость выполнения международных обязательств по Стокгольмской конвенции и намерение присоединения к Протоколу по СОЗ позволяют определить приоритетные направления развития исследований на ближайшую перспективу:

- изучение «новых» СОЗ, дополнительно включенных в Стокгольмскую конвенцию, с соз-

данием научно-методических основ их выявления, оценки ситуации в Беларусь;

- развитие исследований непреднамеренных выбросов СОЗ, оценки их поступления в отходы, почву, сточные воды, продукцию; использование измерительных систем для расчета выбросов и контроля техногенных потоков;

- выявление загрязненных ПХБ и другими СОЗ территорий (так называемых «горячих» точек), создание нормативно-методических основ их очистки;

- изучение миграции ПХБ, их накопления в биотических компонентах, донных отложениях; оценка экологического риска в связи с загрязнением почв ПХБ;

- изучение фоновых концентраций СОЗ, развитие систем мониторинга;

- развитие химико-аналитических исследований, что, в свою очередь, предполагает создание химико-аналитической базы и подготовку специалистов.

Литература

1. **Загрязнение** почв полихлорированными бифенилами в зонах локального воздействия и методы их очистки / Т. И. Кухарчик, С. В. Какарека, В. С. Хомич [и др.] // Природопользование. Вып. 18. 2010. С. 36–44.
2. **Исследование** выбросов ПАУ при сжигании древесного топлива / С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик, П. В. Курман [и др.] // Доклады НАН Беларусь. 2002. Т. 46. № 6. С. 79–84.
3. **Какарека, С. В.** Оценка выбросов диоксинов/фuranов на территории Беларусь / С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик // Природные ресурсы. 2004. № 1. С. 79–86.
4. **Какарека, С. В.** Трансграничное загрязнение атмосферного воздуха и его регулирование / С. В. Какарека. Минск, 2009.
5. **Какарека, С. В.** Стойкие органические загрязнители: источники и оценка выбросов / С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик, В. С. Хомич. Минск, 2003.
6. **Кухарчик, Т. И.** Полихлорированные бифенилы в Беларусь / Т. И. Кухарчик. Минск, 2006.
7. **Методические** рекомендации по идентификации и оценке источников выбросов СОЗ // Сб. нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды. Минск, 2004. Вып. 47. С. 63–98.
8. **Научно-методические** аспекты выявления и оценки загрязнения ПХБ территорий в зонах локальных источников воздействия / Т. И. Кухарчик, В. С. Хомич, С. В. Какарека [и др.] // Природопользование. Минск, 2006. Вып. 12. С. 58–65.
9. **Национальный** план выполнения обязательств, принятых Республикой Беларусь по реализации положений Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, в 2011–2015 годах. Утвержден Указом Президента Республики Беларусь № 271 от 27 июня 2011 г.
10. **Национальный** план выполнения обязательств, принятых Республикой Беларусь по Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, на 2007–2010 годы и на период до 2028 года». Указ Президента Республики Беларусь от 12 июня 2007 г. № 271.
11. **Общие** технические руководящие принципы экологически обоснованного регулирования отходов, состоящих из стойких органических загрязнителей (СОЗ), содержащих их или загрязненных ими. 2005 // <http://www.basel.int>.
12. **Полихлорированные** бифенилы в почвах Белоруссии: источники, уровни загрязнения, проблемы изучения / Т. И. Кухарчик, С. В. Какарека, В. С. Хомич [и др.] // Почтоведение. 2007. № 5. С. 532–540.
13. **Правила** обращения с оборудованием и отходами, содержащими полихлорированные бифенилы. Утверждены Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 24.06.2008. № 62.
14. **Протокол** по стойким органическим загрязнителям к Конвенции 1979 года о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. Орхус (Дания), 1998.
15. **Рекомендации** по предотвращению загрязнения окружающей среды полихлорированными бифенилами / Т. И. Кухарчик, С. В. Какарека, В. С. Хомич. Минск, 2006.
16. **Состояние** природной среды Беларусь : экологический бюллетень 2010 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. Минск, 2011.
17. **Стокгольмская** конвенция о стойких органических загрязнителях с поправками, внесенными в 2009 году. Текст и приложения // www.pops.int.

18. Субоч, В. П. К определению содержания полихлорированных бифенилов в почве / В. П. Субоч, А. А. Ковалев, Е. Н. Воропай // Природные ресурсы. 2005. Вып. 3. С. 108–118.
19. Трепер, Ю. А. Стойкие органические загрязнители. Проблемы и пути их решения / Ю. А. Трепер // Вестник МИТХТ, 2011, т. 6, № 5. С. 87–97.
20. **40 CFR**. Part 761—Polychlorinated Biphenyls (PCBs): Manufacturing, Processing, Distribution in Commerce, and Use Prohibitions. Environmental Protection Agency. USA, 2002.
21. **Community** Implementation Plan for the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Commission Staff Working Document. Commission of the European Communities. Brussels, 9.3.2007. SEC(2007) 341.
22. **Derivation** methods of soil screening values in Europe / C. Carlon, M. D'Alessandro1, F. Swartjes // A review and evaluation of national procedures towards harmonization. European Commission, Joint Research Centre, Ispra, EUR 22805-EN, 2007.
23. Kakareka, S. V. Study of PAH Emission from the Solid Fuels Combustion in Residential Furnaces / S. V. Kakareka, T. I. Kukharchyk, V. S. Khomich // Environmental Pollution. 2005. Vol. 133, Issue 2. P. 383–387.
24. Kakareka, S. Sources of Persistent Organic Pollutants Emission on the Territory of Belarus / S. Kakareka // Atmospheric Environment. 2002. № 36. P. 1407–1419.
25. Kakareka, S., Expert estimates of PCDD/F and PCB emissions for some European countries / S. Kakareka, T. Kukharchyk // MSC-E, Technical note 2/2002 [Electronic Resource]. Mode of access : <http://www.msceast.org>. Data of access : 13.08.2002.
26. Kukharchyk, T. PCB-contaminated sites in Belarus: revealing, levels of pollution, problems of management / T. Kukharchyk, S. Kakareka, V. Khomich // Organohalogen Compounds, Volume 70 (2008). P. 801–804.
27. Kukharchyk, T. I. Polychlorinated Biphenyls Inventory in Belarus / T. Kukharchyk, S. Kakareka // Environmental Management, 88, 2008. P. 1657–1662.
28. **PCB** National Report. US Environmental Protection agency. Office of Solid Waste. October 21, 2011 // <http://www.epa.gov>.
29. **PCBs** in Soil of Belarus: Regional and Local Aspects / T. Kukharchyk [et al.] // Advances in Environmental Research. Volume 6. Nova Science Publishers. 2011. P. 539–552.
30. **The Status** of PCBs in North America. Follow-up to the North American Regional Action Plan on Polychlorinated Biphenyls. Prepared by Dr. Joanne O'Reilly and Dr. Mario Yarto for the Commission for Environmental Cooperation, September 2010. <http://www.cec.org>.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 3.10.2012 г.

C. В. Какарека, Т. И. Кухарчик

ИСТОЧНИКИ ПОСТУПЛЕНИЯ СТОЙКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ: ОПЫТ ВЫЯВЛЕНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ

Обобщены результаты изучения стойких органических загрязнителей (СОЗ) в Институте природопользования, начатые в конце 1990-х гг. Показано развитие научно-методических основ выявления и оценки источников непреднамеренных выбросов СОЗ (диоксины/фураны, ПХБ, ГХБ, ПАУ); выявления и оценки запасов ПХБ в Беларусь, изучения загрязнения почв ПХБ. Кратко продемонстрированы основные результаты научных исследований, разработанных методических и нормативных технических документов, информационных баз экологически безопасного управления СОЗ. Определены перспективные направления развития в области изучения СОЗ.

S. V. Kakareka, T. I. Kukharchyk

SOURCES OF PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS: THE EXPERIENCE OF REVEALING AND STUDY

The results of the study of persistent organic pollutants (POPs) in the Institute of Nature Management, started in the late 1990s, are summarized. Development of the scientific and methodological basis to identify and assess sources of unintentional POPs (dioxins / furans, PCBs, HCB, PAHs) and PCBs in Belarus are given as well as approaches and results of soil contamination by PCBs study. Briefly some of the results of scientific research, designed normative technical documents, data basis of environmentally sound management of POPs are described. Perspectives of scientific research development in the field of POPs were identified.

II. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 631.48+631.6

Н. Н. Бамбалов

ТRENДЫ ПЕДОЛИТОГЕНЕЗА ЦЕЛИННЫХ И МЕЛИОРИРОВАННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

Для неосушенных торфяных почв характерен автохтонно-аккумулятивный тренд педолитогенеза, для мелиорированных, используемых в условиях черной культуры, – деградационный, для минеральных постторфяных – автохтонный.

Знание закономерностей развития торфяных почв в естественном и осушеннем состоянии для Беларуси особенно актуально, так как более 14 % почвенного покрова республики представлено торфяными почвами. Из общей площади 2939 тыс. га болот 946 тыс. га осушено для сельскохозяйственных целей, 122,5 тыс. га выработанных торфяных месторождений передано сельскому хозяйству, 17 тыс. га лесному хозяйству для возделывания сельскохозяйственных культур, 32 тыс. га находится или предназначено для добычи торфа, 280 тыс. га лесных болот осушены в основном мелкими разреженными каналами, 103 тыс. га выработанных торфяных месторождений передано лесному хозяйству и около 10 тыс. занято водохранилищами.

При сельскохозяйственном использовании и добыче торфа растительный покров болот полностью уничтожается, а при мелиорации лесных болот сохраняется, но находится в угнетенном состоянии. Внешне осушенные неглубокими каналами лесные болота сохраняют все признаки естественных болот, мелкие каналы постепенно застают, и уровни грунтовых вод медленно стремятся к первоначальному естественному состоянию. Кроме этого, в республике проводятся работы по повторному заболачиванию выработанных торфяных месторождений, и такие территории находятся в начальной стадии восстановления болотных экосистем. Таким образом, к настоящему времени в Беларуси сформировалась следующая структура площадей торфяных почв:

- почвы, полностью утратившие растительный покров болот при добыче торфа и сельскохозяйственном использовании, – 1188,5 тыс. га;

- слабонарушенные почвы осушенных лесных болот, на которых сохранилась болотная растительность и медленно восстанавливаются болотные экосистемы, – 280 тыс. га;

- почвы восстанавливаемых болот на выработанных торфяных месторождениях – 36,5 тыс. га;
- почвы болот, находящихся в естественном состоянии, – 1423 тыс. га.

В результате осушения болот коренным образом изменяются условия почвообразовательных процессов, поэтому эволюция торфяных почв в естественном и осушеннем состоянии принципиально различается, однако представления о трендах их развития пока не разработаны. Для почв, формирующихся на минеральных горных породах, В. О. Таргульяному [11] обоснованы тренды развития, учитывающие скорости аккумуляции (V_a) и денудации (V_d) твердого вещества на поверхности почв, а также скорости почвообразования и выветривания (V_{pw}). Выявление трендов базируется на теоретическом положении о том, что совокупным воздействием климата и биоты достигается преобразование горных пород в почвы. В зависимости от сочетания скоростей аккумуляции, денудации, почвообразования и выветривания ученым выделено три типа трендов:

- автохтонный, когда V_a и V_d меньше V_{pw} или если скорости аккумуляции и денудации равны нулю, а реализация почвообразующего потенциала климата и биоты происходит при постоянном объеме и запасе веществ исходной горной породы, поэтому почвенный профиль развивается в глубь породы;
- аллохтонно-аккумулятивный, когда V_a больше или равна V_{pw} , почвообразование идет при регулярном поступлении на поверхность твердого материала эоловым, аэральным или флювиальным путями, и в данном случае почвенный профиль нарастает вверх, оставляя в глубине погребенные горизонты;
- денудационный, когда V_d больше или равна V_{pw} , поэтому твердый материал систематически удаляется с поверхности почвы путем флювиальной, эоловой, криогенной или антропо-

генной денудации, почва разрушается, ее профиль движется в глубь горной породы, а сама почва постоянно находится в состоянии динамической зрелости, отражающей равновесие между денудационным фактором и почвообразующим потенциалом климата и биоты [11].

Цель работы – выявление особенностей трендов развития торфяных почв до и после осушения.

Объект исследования – мелиорированные торфяные почвы Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства (ПОСМЗиЛ) и ряд целинных торфяных почв разного генезиса, расположенных на неосушенных болотах Беларуси.

Наблюдения за динамикой почвенного профиля и запасами органического вещества на ПОСМЗиЛ проводятся с 1971 г. на стационарной опытной площадке размером 20×20 м, расположенной в системе севооборотов. Подробная методика определения запасов органического вещества, включающая зондирование торфяной почвы в 205 точках, послойное определение плотности скелета через каждые 10 см, зольности по ГОСТ 26714 и статистическую обработку данных, опубликована [2, 4].

В 1980 г. на ПОСМЗиЛ заложен опыт немецкой песчано-мешанной культуры на площади 7 га, наблюдения за динамикой почвенного профиля и запасов органического вещества ведутся более 30 лет.

На неосушенных болотах определяли возраст отдельных слоев торфяных залежей, сформировавшихся в разные периоды голоцен, радиоуглеродным и спорово-пыльцевым методами с целью оценки скорости прироста торфяных залежей в высоту.

Основным источником твердого вещества для формирования торфяных почв в естественных условиях являются отмершие растения-торфообразователи, в меньшей степени вещества, привносимые водами и атмосферными осадками. Особенностью целинных торфяных почв является незамкнутость годовых биоциклов углерода и других биогенных элементов [9], из-за чего количество поступающего в почву отмершего органического вещества (O_n) в течение годового биоцикла больше количества минерализующегося органического вещества (O_m), поэтому ежегодно остается некоторое его количество $\Delta O = O_n - O_m$, которое постепенно преобразуется в торф. Эти процессы повторяются ежегодно, они типичны для всех болот и не зависят от глубины торфяного слоя, а определяются лишь соотношением процессов поступления и минерализации органического вещества. Величина ΔO зависит от условий торфообразования, поэтому в конечном итоге в формировании торфяных отложений на болотах разного генезиса принимает участие лишь от 5 до 16 % первоначальной био-

массы отмерших растений [8], остальная часть разлагается до конечных продуктов минерализации – воды, углекислого газа, аммиака и др. В результате систематической аккумуляции торфа поверхность болотных почв поднимается и за несколько тысячелетий отходит от минерального материнского ложа на несколько метров. В голоцене на территории Беларуси за тысячи лет произошло образование торфяных отложений с максимальной глубиной до 9 м [5].

Используя и развивая представления В. О. Таргульяна [11] о типах педолитогенеза, можно утверждать, что на болотах скорость аккумуляции твердого вещества (V_a) превышает скорость денудации (V_d), а почвообразующий потенциал климата и биоты реализуется в условиях замедленных скоростей почвообразования и выветривания (V_{pw}). Тренд педолитогенеза на болотах может быть выражен неравенством: $V_d < V_a > V_{pw}$. Внешне он похож на выделенный В. О. Таргульяном тренд аллохтонно-аккумулятивного типа педолитогенеза, для которого характерно превышение поступления на дневную поверхность твёрдого вещества извне. Однако по своей генетической сущности он принципиально отличается от тренда аллохтонно-аккумулятивного типа, во-первых, тем, что более 90 % аккумулирующегося твердого вещества продуцируется самой почвой в виде биомассы растений-торфообразователей, и, во-вторых, тем, что твердое вещество поступает не только на поверхность, но и до определенной глубины внутрь почвенного профиля в виде отмерших корней. Эти отличия дают основание выделить самостоятельный автохтонно-аккумулятивный тип педолитогенеза, характерный только для целинных торфяных почв. Следует подчеркнуть, что данный тренд педолитогенеза одинаков для всех переувлажненных участков суши, где происходит процесс образования торфа, независимо от глубины отложенного слоя.

В связи с изменениями климата в голоцене происходили изменения почвообразующего потенциала климата и биоты: нестабильность во времени abiогенных факторов (температуры, осадков) обусловливала нестабильность биотических факторов (прироста биомассы, скорости ее минерализации и гумификации), что, в свою очередь, влияло на скорость аккумуляции твердого вещества V_a , поэтому средний годовой прирост торфяного слоя за последние 10 тысяч лет по периодам голоцен был неодинаков. По общенным оценкам собственных и литературных данных [3, 7, 10], полученных радиоуглеродным и спорово-пыльцевым методами, на многих белорусских болотах в разные периоды голоцен прирост торфяного слоя составлял в среднем от 0,2 до 1,9 мм в год.

Климатические характеристики на севере и юге Беларуси отличаются, и эти различия проявляются в современных процессах образования

верховых болот [4, 6]. На крайнем северо-западе республики выпуклость верховых болот достигает 5–6 м, их грядово-мочажинные комплексы хорошо развиты с преобладанием мочажин над грядами, а мочажины сильно обводнены. В южной части республики выпуклость верховых болот составляет лишь 0,5–1,0 м, а грядово-мочажинные комплексы на них не развиты, что подтверждает воззрения В. О. Таргульяна о динамичности почвообразующего потенциала климата и биоты и о зависимости его проявления от климатических параметров.

Из вышесказанного следует, что из-за систематического нарастания почвенного профиля вверх особенностю целинных торфяных почв является их формирование в условиях изменяющегося термодинамического равновесия с факторами внешней среды. Это обуславливает

их постоянное пребывание в стадии динамической зрелости и невозможность достижения ими полного почвенного климакса, как это наблюдается для почв, развивающихся на минеральных породах [11]. На территории Беларуси нет ни одного ненаруженного болота, торфяная залежь которого достигла бы климаксной стадии развития и прекратила бы нарастать вверх.

В отличие от вышеизложенного после осушения в торфяных почвах развиваются противоположные процессы. Положительный баланс органического вещества в верхних слоях сменяется отрицательным, профиль почвы развивается не вверх, а вглубь, причем глубина торфяного слоя ежегодно уменьшается. Данные наблюдений за динамикой изменения профиля торфяной почвы на Полесской опытной станции за период 1971–2006 гг. представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Динамика изменения глубины торфяного слоя и запасов органического вещества (ОВ) мелиорированной почвы в условиях чёрной культуры на опытной стационарной площадке № 1 на ПОСМЗиЛ за период с 1971 по 2006 г.

Год	Сумма глубин торфяного слоя по данным 205 измерений, см	Средняя глубина торфяного слоя, см	Средневзвешенная величина содержания ОВ, т/м ³	Запасы ОВ, т/га
1971	19893	97,0	0,1349	1309
1977	15867	77,4	0,1611	1247
1980	14739	71,9	0,1682	1209
1992	11080	54,0	0,2102	1135
2006	9625	47,2	0,2215	1045

Таблица 2. Уменьшение глубины торфяного слоя и расход ОВ почвы в условиях чёрной культуры ПОСМЗиЛ на стационарной опытной площадке № 1 в 1971–2006 гг.

Годы наблюдений	Количество лет	Уменьшение мощности торфяного слоя, см		Расход ОВ, т/га		Возделываемые культуры
		за годы наблюдений	за 1 год	за годы наблюдений	за 1 год	
1971–1977	6	19,6	2,8	62	10,3	Зерновые, пропашные
1977–1980	3	5,5	1,8	38	12,6	Зерновые, пропашные
1980–1992	11	17,9	1,6	74	6,7	Многолетние травы 1–4 лет, зерновые, пропашные
1992–2006	14	6,9	0,5	90	6,4	Многолетние травы, зерновые, пропашные
1971–2006	35	49,9	1,4	264	7,5	Все, указанные выше

За 35 лет глубина торфяного слоя уменьшилась с 97 до 47 см, т. е. больше, чем на половину от исходного состояния. Слой торфа за это время уплотнился, поэтому содержание органического вещества в 1 м³ возросло с 0,1349 до 0,2215 т/м³. Наряду с уплотнением имели место безвозвратные потери органического вещества почвы, в результате которых его запасы уменьшились с 1309 до 1045 т/га, а в среднем потери органического вещества за эти годы составили по 7,5 т/га в год.

На скорость изменения почвенного профиля большое влияние оказывают группы возделы-

ваемых культур – пропашные, зерновые, многолетние травы.

Данные табл. 2 свидетельствуют о замедлении или ускорении процессов разрушения почвенного профиля в зависимости от возделываемых культур. Наибольшее уменьшение глубины торфяного слоя (1,8–2,8 см в год) и максимальные среднегодовые потери органического вещества (10,3–12,6 т/га) имели место в те годы, когда на опытной площадке возделывались зерновые и пропашные культуры, а наименьшие (6,4 т/га) – при возделывании многолетних трав и зерновых культур.

Следуя терминологии, предложенной В. О. Тагульянном [11], можно утверждать, что после проведения осушительной мелиорации автохтонно-аккумулятивный тип педолитогенеза на осушеннной территории сменился денудационным, так как почвообразование здесь идет при регулярном удалении из почвы твердого вещества, и тренд педолитогенеза может быть описан неравенством: $V_a < V_d > V_{pw}$. В мелиорированных торфяных почвах это происходит за счет биогенной, ветровой (эоловой) и антропогенной денудации.

Однако необходимо заметить, что данный тренд не совсем правильно называть денудационным, так как денудация предполагает лишь перемещение твердого материала, в то время как в формировании профиля осущенных торфяных почв главную роль играет не перемещение, а минерализация органического вещества до углекислого газа, аммиака и воды с последующим улетучиванием газообразных и вымыванием жидких продуктов минерализации за пределы почвенного профиля. При таком тренде, обусловленном процессами минерализации, эрозии и уплотнения, мощные торфяные почвы (слой торфа более 2 м) постепенно трансформируются в среднемощные (слой торфа 1–2 м), затем в маломощные (слой торфа 0,5–1 м), торфяно-глеевые (слой торфа 0,3–0,5 м) и торфянисто-глеевые (слой торфа до 0,3 м), после чего торфяной слой при механической обработке почвы постепенно перемешивается с подстилающей минеральной породой, и, как результат, формируются деградированные торфяные почвы: торфяно-минеральные, органоминеральные и минеральные постторфяные [1], т. е. торфяной слой полностью разрушается, торфяные почвы прекращают свое существование. Органическое вещество постторфяных почв пополняется за счет послеуборочных растительных остатков и органических удобрений. К настоящему времени из общей площади осущенных торфяных почв 1085,2 тыс. га, переданных сельскому хозяйству республики, сохранилось лишь 861 тыс. га, остальные 224,2 тыс. га утратили генетические признаки торфяных и перешли в категорию деградированных торфяных почв. Это позволяет назвать обсуждаемый тренд педолитогенеза деградационным.

В сформировавшихся постторфяных почвах процесс почвообразования идет при практически постоянной массе и объеме твердого вещества, а почвенный профиль развивается в глубь минеральной породы, т. е. у постторфяной почвы, в отличие от торфяной, высота поверхности над уровнем моря практически не изменяется. В такой почве скорость аккумуляции твердого вещества V_a практически равна скорости его денудации V_d , но меньше V_{pw} . Таким образом, тренд педолитогенеза постторфяных почв приближается к тренду автохтонного типа. Сейчас трудно прогнозировать, будут ли постторфяные почвы климаксной стадией антропогенной эволюции мелиорированных торфяных почв или нет, так как для такого обобщения пока недостаточно

имеющихся научных результатов. Сельскохозяйственное использование постторфяных почв, особенно развивающихся на песчаных отложениях, потребует дополнительных капиталовложений на поддержание благоприятного уровня содержания в них гумуса, водного и пищевого режимов.

Проблема сохранения торфяных почв Беларуси продолжает оставаться одной из самых острых, особенно в Полесье, где доля таких почв в балансе сельскохозяйственных земель значительно выше, чем в среднем по республике, поэтому необходим поиск путей ее решения. Одним из вариантов могло бы быть использование почв в режиме немецкой песчано-смешанной культуры, суть которой состоит в создании на поверхности торфяной почвы минерального пахотного слоя путем проведения глубокой мелиоративной вспашки [6, 12]. Многолетние исследования баланса и свойств таких почв на ПОСМЗИЛ показали, что потери органического вещества почвы не превышают 0,5 т/га в год, т.е. во много раз меньше, чем в почве, используемой в условиях черной культуры [6, 12]. Особенности строения почвенного профиля этой почвы таковы, что органическое вещество пахотного слоя пополняется не за счет вовлечения торфа из нижележащих слоев, а только за счет послеуборочных растительных остатков возделываемых культур и органических удобрений. Торф ниже пахотного слоя находится в законсервированном состоянии и может сохраняться там неопределенно долгое время, как минимум, в течение сотен лет. Постепенно органическое вещество торфа (3–5 %) разлагается, и его место занимает новообразованный гумус почвы из послеуборочных растительных остатков. Когда все органическое вещество торфа в пахотном слое будет минерализовано, здесь установится саморегулирующийся баланс гумуса, соответствующий термодинамическому равновесию между почвой и окружающей средой. Тренд педолитогенеза такой почвы приближается к тренду автохтонного типа.

Резюмируя вышеизложенное, можно заключить, что в неосущенных торфяных почвах тренд педолитогенеза автохтонно-аккумулятивный, в мелиорированных, используемых в условиях черной культуры, – деградационный, в минеральных постторфяных – автохтонный, в условиях песчано-смешанной культуры до достижения термодинамического равновесия с факторами почвообразования тренд денудационный, а после достижения равновесия – автохтонный. Продолжительность использования торфяных почв в режиме черной культуры ограничена временем, необходимым для полного разрушения органогенного слоя и зависящим от структуры посевных площадей. Постторфяные почвы и почвы, используемые в условиях песчано-смешанной культуры, могут использоваться в равновесном режиме в течение неопределенного долгого времени.

Литература

1. **Бамбалов, Н. Н.** Агрогенная эволюция торфяных почв / Н. Н. Бамбалов // Почвоведение 2005. № 1. С. 29–37.
2. **Бамбалов, Н. Н.** Баланс органического вещества торфяных почв и методы его определения / Н. Н. Бамбалов. Минск, 1984.
3. **Бамбалов, Н. Н.** Болотообразовательные процессы на территории Белоруссии / Н. Н. Бамбалов и [и др.] // Проблемы Полесья. Минск, 1990. Вып. 13. С. 75–90.
4. **Бамбалов, Н. Н.** Роль болот в биосфере / Н. Н. Бамбалов, В. А. Ракович. Минск. 2005.
5. **Беленъкий, С. Г.** Возраст торфяных месторождений верхового типа Беларуси и происхождение по-граничного горизонта / С. Г. Беленъкий, Б. В. Курзо // Вестн АН БССР. Сер. Биол. наук. 1988. № 2. С. 33–37.
6. **Белковский, В. И.** Технология преобразования торфяников в органоминеральные почвы и система сельскохозяйственного их использования. Горки / В. И. Белковский [и др.]. Горки, 1987.
7. **Еловичева, Я. К.** Палинология позднеледниковых и голоценов Белоруссии / Я. К. Еловичева. Минск, 1993.
8. **Пидопличко, А. П.** Торфяные месторождения Белоруссии / А. П. Пидопличко. Минск, 1961.
9. **Пьявченко, Н. И.** Торфонакопление и его продуктивностью // Динамика органического вещества в процессе торфообразования / Н. И. Пьявченко. Л., 1978. С. 141–155.
10. **Ракович, В. А.** Аккумуляция углерода естественными болотами Беларуси по периодам голоцена / В. А. Ракович // Природопользование. Минск, 2010. Вып. 17. С. 78–84.
11. **Таргульян, В. О.** Развитие почв во времени / В. О. Таргульян // Проблемы почвоведения. М., 1982. С. 108–113.
12. **Bambalov, N. N.** Dynamics of organic matter in peat soil under the conditions of sand-mix culture during 15 years / N. N. Bambalov // International Agrophysics, 1999, № 13. P. 269–272.

Институт природопользования НАН Беларусь

Поступила в редакцию 10.07.2012 г.

Н. Н. Бамбалов

ТRENДЫ ПЕДОЛИТОГЕНЕЗА ЦЕЛИННЫХ И МЕЛИОРИРОВАННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

В неосушенных торфяных почвах тренд педолигенеза автохтонно-аккумулятивный, в мелиорированных, используемых в условиях черной культуры, – деградационный, в минеральных постторфяных – автохтонный, в условиях песчано-смешанной культуры до достижения термодинамического равновесия с факторами почвообразования тренд денудационный, а после достижения равновесия – автохтонный. Продолжительность использования торфяных почв в режиме черной культуры ограничена временем, необходимым для полного разрушения органогенного слоя и зависящим от структуры посевных площадей. Постторфяные почвы и почвы, используемые в условиях песчано-смешанной культуры, могут использоваться в равновесном режиме в течение неопределенного долгого времени.

N. N. Bambalov

TRENDS OF PEDO-LITO-GENESIS OF VIRGIN AND RECLAIMED PEAT SOILS

In not drained peat soils a trend of pedo-lito-genesis is autochtonus-accumulative, in reclaimed, used in the conditions of black culture – a degradational, in mineral post-peat – an autochtonus, in the conditions of sandy-mixed culture till the rate of thermodynamic balance with factors of soil formation the trend is a denudational, and after the balance rate – an autochtonus. The peat soils use duration in the mode of black culture is limited by the time required for complete destruction of organogenic layer and depending on the structure of areas under crops. Post-peat soils and those used in the conditions of sandy-mixed culture, can be used in an equilibrium mode in unlimited time.

УДК 504.062

**В. С. Хомич, М. И. Струк, И. И. Лиштван, В. Ф. Логинов,
А. В. Пучило, Э. Н. Шкутов, Н. А. Юргенсон**

ПРИРОДНО-РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ

Приведена оценка природно-ландшафтных условий и ресурсного потенциала Припятского Полесья. Показаны запасы и современное использование земельных, агроклиматических и биологических ресурсов. Определены имеющиеся природно-ресурсные резервы для выполнения Государственной программы социально-экономического развития региона.

Государственной программой социально-экономического развития и комплексного использования природных ресурсов Припятского Полесья на 2010–2015 годы, утвержденной Указом Президента Республики Беларусь 29.03.2010 г. № 161, предусмотрено обеспечение устойчивого социально-экономического развития Припятского Полесья на основе комплексного использования природных ресурсов, увеличения экспорта и инвестиций, сохранения условий воспроизводства природно-ресурсного потенциала и создания благоприятных условий проживания населения.

Достижение поставленной цели предусматривает более полное вовлечение местных природных ресурсов в экономику региона с учетом нереализованного природно-ресурсного потенциала и сохранения условий его воспроизводства; повышение эффективности использования мелиорированных земель, в том числе в пойме р. Припяти, предотвращение деградации земель и агроландшафтов; интенсификацию развития сельскохозяйственного производства на основе инновационных технологий с учетом природно-климатических особенностей региона, развитие рыбного хозяйства; обоснование и реализацию мер по повышению его рекреационно-туристической привлекательности, создание соответствующей инфраструктуры; обоснование и реализацию мер по сохранению уникальных природных комплексов, охране окружающей среды и снижению рисков природного и техногенного характера.

Для обеспечения рационального использования природно-ресурсного потенциала в связи с реализацией мероприятий Государственной программы необходимо, прежде всего, оценить его современное состояние и имеющиеся резервы, чему, собственно, и посвящена настоящая статья.

Площадь рассматриваемого региона составляет 18250 км² или 8,8 % от территории страны. В его состав входят 7 административных районов, из которых 3 (Лунинецкий, Пинский и Столинский) относятся к Брестской и 4 (Житко-

вичский, Мозырский, Наровлянский и Петровский) – к Гомельской области.

Природно-ландшафтные условия

При оценке природно-ресурсного потенциала территории следует учитывать ее ландшафтное строение. От его особенностей зависит набор ресурсов, которыми располагает территория, а также условия их использования. При этом ландшафтная дифференциация территории обеспечивает возможность комплексной оценки ее природных свойств, поскольку ландшафт выступает как интегральное генетически однородное образование, которое характеризуется общностью литологических, геоморфологических, почвенных и геоботанических характеристик.

В системе ландшафтного районирования Беларуси рассматриваемый регион Припятского Полесья размещается в пределах одной ландшафтной провинции – Полесской аллювиальных террасированных, болотных и вторичных водно-ледниковых ландшафтов. Общее представление об его ландшафтном строении может быть получено из ландшафтной карты М 1:600 000 [5]. Однако такой масштаб является слишком мелким для данного региона. Он чрезмерно упрощает его ландшафтное строение. Согласно методологии ландшафтного планирования, для картографирования территорий подобного размера адекватным является масштаб 1:200 000 [6]. Поэтому для рассматриваемой территории была построена ландшафтная карта данного масштаба (рис. 1).

Всего на территории Припятского Полесья выделено 7 типов ландшафтов (природных комплексов), из них 3 разделены на подтипы. По занимаемому высотному положению они относятся к низинам (абсолютные высоты ниже 150 м), равнинам (абсолютные высоты 150–200 м) и возвышенностям (абсолютные высоты более 200 м). Низинными являются 5 типов природных комплексов, равнинными – 2 и возвышенными – 1. Весь их набор представлен следующими типами:

1. Пойменные низины со стариичными озерами, плоские, слабонаклонные, местами крупногравистые, заболоченные, сложенные аллювиальными разнозернистыми песками, заиленными супесями и суглинками со злаковыми и злаково-гидромезофитными лугами и дубравами на дерново-глеевых и дерново-заболоченных почвах, разнотравно-злаково-осоковые и гипно-осоковые лугами, черноольховыми и пушисто-березово-черноольховыми лесами на торфяных и торфяно-глеевых почвах, сосновыми лесами на песчаных дерново-подзолистых почвах, пахотными землями.

2. Аллювиальные аккумулятивные низины первой надпойменной террасы, плоские, местами грядово-холмистые, частично заболоченные, осложненные эоловыми холмами, сложенные средне- и мелкозернистыми песками с широколиственно-сосновыми лесами и дубравами на дерново-подзолистых глееватых почвах, низинными гипново-осоковыми болотами с черноольховыми и пушисто-березово-черноольховыми лесами на торфяных и торфяно-глеевых почвах, пахотными землями.

3. Аллювиальные аккумулятивные и озерно-аллювиальные эрозионно-аккумулятивные низины второй надпойменной террасы, плоские, местами холмистые, частично заболоченные, осложненные эоловыми холмами и грядами, сложенные песками с широколиственно-сосновыми лесами на дерново-подзолисто-глееватых почвах, низинными разнотравно-злаково-осоковыми и гипново-осоковыми болотами с черноольховыми и пушисто-березово-черноольховыми лесами на торфяных и торфяно-глеевых почвах, пахотными землями.

3.1. Аллювиальные аккумулятивные низины второй надпойменной террасы, плоские, местами холмистые, частично заболоченные, осложненные эоловыми холмами и грядами, сложенные песками с широколиственно-сосновыми лесами на дерново-подзолисто-глееватых почвах, низинными разнотравно-злаково-осоковыми и гипново-осоковыми болотами с черноольховыми и пушисто-березово-черноольховыми лесами на торфяных и торфяно-глеевых почвах, пахотными землями.

3.2. Озерно-аллювиальные эрозионно-аккумулятивные низины второй надпойменной террасы, плоские, местами холмистые, частично заболоченные, осложненные эоловыми холмами и грядами, сложенные песками с широколиственно-сосновыми лесами на дерново-подзолисто-глееватых почвах, низинными разнотравно-злаково-осоковыми и гипново-осоковыми болотами с черноольховыми и пушисто-березово-черноольховыми лесами на торфяных и торфяно-глеевых почвах, пахотными землями.

4. Плоские низины с отложениями торфа низинные разнотравно-злаково-осоковые и гипново-осоковые с пушисто-березово-черноольховыми лесами на торфяных и торфяно-глеевых почвах, пахотными землями, верховые кустарничково-пушициево-сфагновые с сосновыми, пушистоберезовыми и черноольховыми лесами на торфяных и торфяно-глеевых почвах и сосновыми лесами на дерново-подзолистых почвах; переходные кустарничково-травяно-осоково-сфагновые с сосновыми, пушистоберезовыми и черноольховыми лесами на торфяных и торфяно-глеевых почвах и сосновыми лесами на дерново-подзолистых почвах.

4.1. Плоские низины с отложениями торфа низинного типа разнотравно-злаково-осоковые и гипново-осоковые с пушисто-березово-черноольховыми лесами на торфяных и торфяно-глеевых почвах, пахотными землями.

4.2. Плоские низины с отложениями торфа верхового типа кустарничково-пушициево-сфагновые и переходного типа кустарничково-травяно-осоково-сфагновые с сосновыми, пушистоберезовыми и черноольховыми лесами на торфяных и торфяно-глеевых почвах и сосновыми лесами на дерново-подзолистых почвах.

5. Водно-ледниковые равнины, плоские и пологонаклонные, осложненные эоловыми грядами, с поверхностным залеганием песчаных и песчано-гравийных отложений с сосновыми и широколиственно-сосновыми лесами на дерново-подзолистых слабооподзоленных и дерново-подзолисто-глееватых почвах, пахотными землями.

6. Моренные равнины, пологоволнистые и грядово-холмистые с поверхностным залеганием песчаных, песчано-гравийных и супесчаных отложений с сосновыми лесами на дерново-палево-подзолистых и дерново-подзолисто-глееватых почвах, пахотными землями.

7. Моренные возвышенности, эрозионные грядово-холмистые и холмисто-увалистые с поверхностным залеганием супесей и суглинков валунных, песков с сосновыми лесами на дерново-палево-подзолистых супесчаных и дерново-подзолистых песчаных почвах, пахотными землями.

По высотному положению в регионе Припятского Полесья в целом преобладают ландшафты низменностей, которые занимают почти 3/4 его площади (рис. 2). Пятая его часть приходится на ландшафты равнин и только 2 % – на ландшафты возвышенностей. В распределении ландшафтов различного высотного положения по территории прослеживается общее снижение доли их низинных типов в восточном направлении. Так, в районах Брестской области они занимают не менее 4/5 площади, в Гомельской – от 70 % (Наровлянский район) до 31 % (Мозырский район).

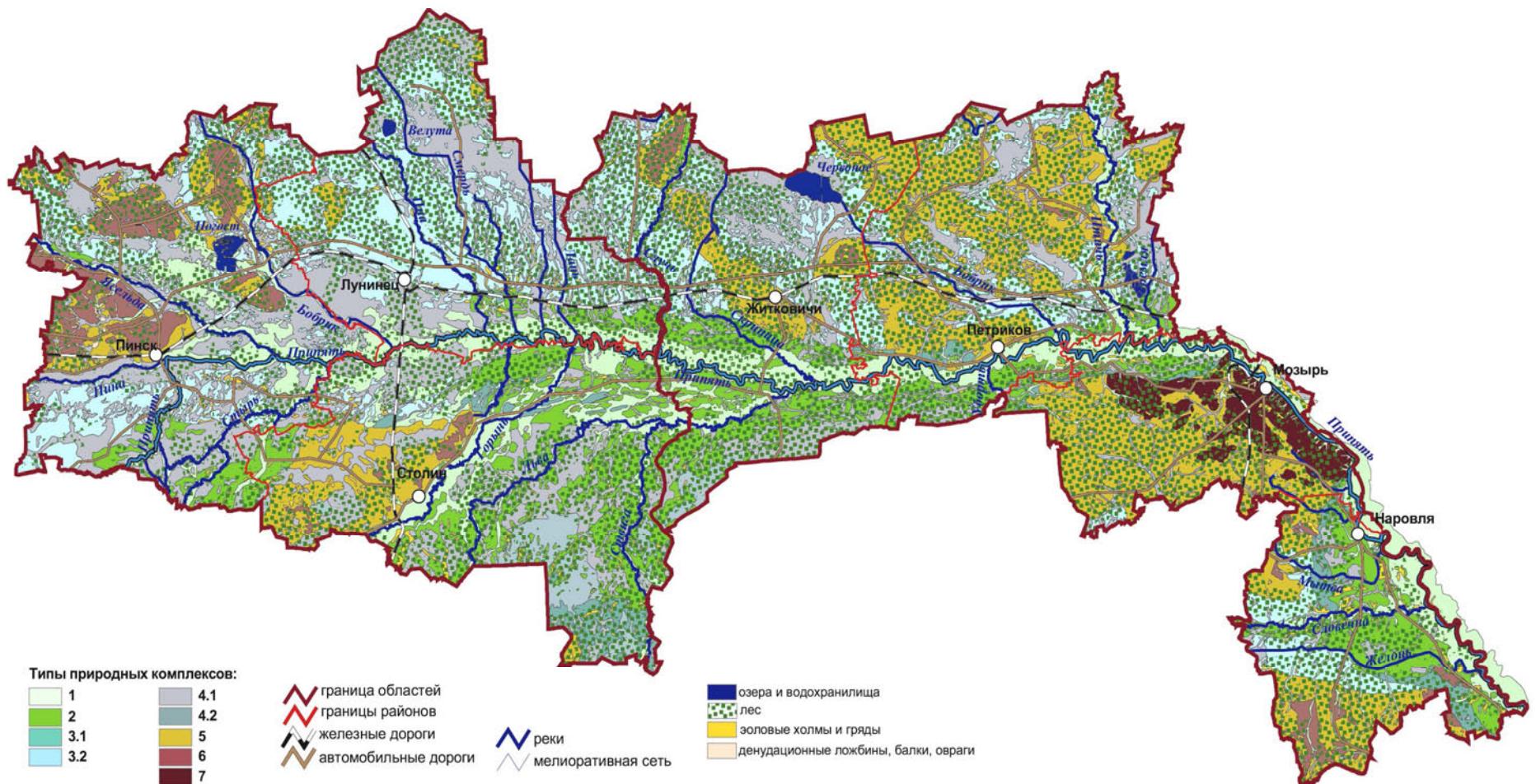


Рис. 1. Природные комплексы Припятского Полесья

В типовой структуре ландшафтов региона можно выделить две особенности. Одна из них заключается в том, что самая высокая доля в ней приходится на ландшафты низин с отложениями торфа – 27 %, что отражает его высокую заболоченность. Уровень заболоченности уменьшается в восточном направлении. Так, в западной и центральной частях региона (Пинский, Лунинецкий, Столинский, Житковичский и Петриковский районы) соответствующие ландшафты занимают

30–37 % площади, в восточной (Мозырский и Наровлянский районы) – только 7–8 %.

Вторая особенность ландшафтной структуры Припятского Полесья состоит в том, что половину его территории занимают ландшафты, формирование которых связано с деятельностью р. Припяти. К таковым относятся, в частности, аллювиальные и озерно-аллювиальные низины первой и второй надпойменных террас.



Рис. 2. Ландшафтная структура Припятского Полесья

Земельные ресурсы и почвы

Структура земель. Природно-ландшафтные условия территории оказывают влияние на характер использования земель в ее пределах. Регион Припятского Полесья выделяется среди остальных физико-географических районов Беларуси более высокой долей низинных ландшафтов речных террас, пойм и болот. Вследствие высокой заболоченности территории и регулярного затопления речных долин во время паводков ведение хозяйственной деятельности в его пределах осложнено.

Указанные сложности оказались на хозяйственном освоении региона и структуре его землепользования, в которой отмечаются высокие показатели лесистости и заболоченности территории. Лесные земли занимают здесь половину, а болота – десятую часть площади, что, соответственно, в 1,2 и 2,5 раза выше аналогичных показателей для страны в целом (табл. 1).

Эти обстоятельства обусловили сравнительно низкий уровень сельскохозяйственного освоения Припятского Полесья. Так, доля сельскохозяйственных угодий здесь в 1,4 раза, а паштотных угодий в 1,8 раза меньше средней для Беларуси величины.

Вместе с тем широкое распространение в регионе пойменных ландшафтов с естественной луговой растительностью обуславливает относи-

тельно благоприятные предпосылки развития здесь животноводства и, в первую очередь, разведения крупного рогатого скота. Указанные предпосылки нашли отражение в структуре сельскохозяйственных угодий. В Припятском Полесье луговые земли занимают половину их площади, в то время как в Беларуси в целом значительно меньше – 36 %.

Для региона, так же как для страны в целом, характерна тенденция к снижению доли сельскохозяйственных угодий за счет их отвода под строительство различных объектов, разработку месторождений полезных ископаемых, а также вывода из оборота малопродуктивных и загрязненных радионуклидами земель. По сравнению с 1970 г. она уменьшилась в обоих случаях на 13 %.

Внутри Припятского Полесья большей степенью сельскохозяйственного освоения отличаются районы, занимающие его западную часть, относящуюся к Брестской области. Она изменяется здесь от 33 до 41 %, в то время как в восточных районах – от 22 до 30 %. Особое положение занимает Наровлянский район, где большая половина сельскохозяйственных угодий выведена из оборота из-за высокого радиоактивного загрязнения, и их современная доля составляет только 14 % территории.

Таблица 1. Структура землепользования в районах Припятского Полесья по состоянию на 01.01.2012 г. [3]

Район	Доля земель, %							
	пахотных	луговых	с/х всего	лесных	болот	под водой	под застройкой	прочих
Брестская область								
Пинский	20,5	20,4	41,3	34,2	13,9	3,5	4,5	2,5
Лунинецкий	17,7	15,3	33,4	47,2	9,8	2,4	3,9	3,3
Столинский	14,1	19,2	33,8	39,8	20,1	2,1	2,5	1,7
Всего	17,4	18,5	36,3	40,0	15,0	2,7	3,7	2,3
Гомельская область								
Житковичский	10,8	11,3	22,3	57,9	9,7	4,3	3,1	2,7
Петриковский	14,6	15,1	29,9	58,0	3,9	2,4	3,4	2,4
Мозырский	16,4	9,4	26,3	58,0	2,8	2,5	6,4	4,0
Наровлянский	8,3	5,4	13,9	71,5	4,0	2,5	2,6	5,5
Всего	12,7	10,9	23,9	60,4	5,6	3,1	3,7	3,3
Припятское Полесье	15,0	14,9	30,2	50,0	10,4	2,9	3,7	2,9
Республика Беларусь	26,5	15,6	42,9	41,3	4,2	2,3	4,3	5,0

Мелиорированные земли. В сельскохозяйственное освоение региона существенный вклад внесла осушительная мелиорация. Доля осушенных земель здесь составляет 19 %, что на 3% выше среднего для Беларуси уровня (рис. 3).

В показателях доли осушенных земель по административным районам внутри региона прослеживается прямая связь с распространением низинных ландшафтов болот. Так, максимальные величины этих показателей (27–28 %) приходятся на крайние западные (Пинский и Лунинецкий) районы, где эти ландшафты занимают более трети площади, а минимальные – на крайние восточные (Мозырский и Наровлянский) районы,

в которых на долю осушенных земель приходится по 7–8 %.

Преобладающая часть осушенных земель в Припятском Полесье (86 %) приходится на сельскохозяйственные угодья. Их доля от общей площади сельхозугодий региона весьма велика и составляет 56 %. Роль осушенных земель в сельском хозяйстве является ведущей в большинстве административных районов. Так, в шести из семи районов они занимают более половины сельскохозяйственных угодий и только в Мозырском районе – четвертую часть. Наибольшей величины их доля достигает в районах, расположенных в западной части Припятского Полесья – Лунинецком (72 %) и Пинском (64 %).

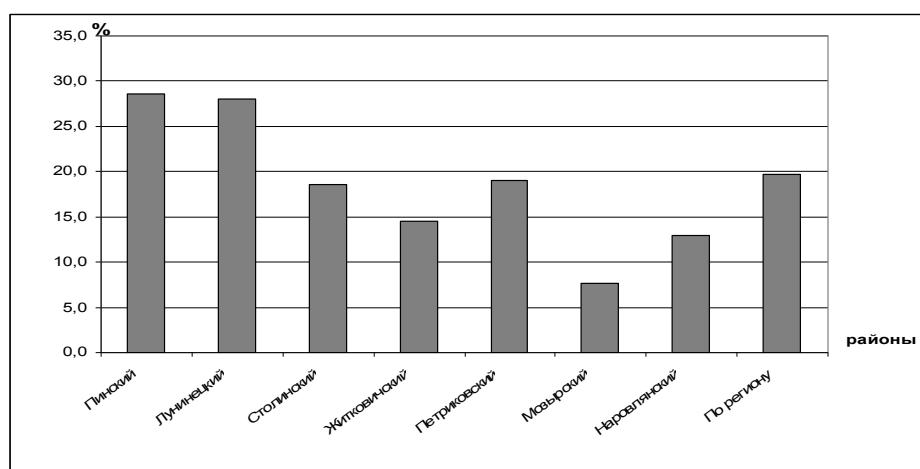


Рис. 3. Доля осушенных земель в районах Припятского Полесья [3]

Мелиорированные сельскохозяйственные земли обладают высокой капиталоемкостью, что обуславливает повышенные требования к их эффективному использованию. Эти земли характеризуются лучшей влагообеспеченностью по сравнению с землями естественного увлажнения и, как правило, более высоким содержанием органического вещества. Существуют реальные возможности создания на их базе зоны устойчивого растениеводства с меньшей зависимостью от погодных условий.

Вместе с тем эффективность использования мелиорированных земель зависит от технического состояния мелиоративных систем. Действующие в регионе мелиоративные системы интенсивно эксплуатируются на протяжении более чем 30 лет. При этом сроки ухода за ними и их текущего ремонта зачастую не соблюдались, вследствие чего к настоящему времени значительная часть мелиорированных земель оказалась подверженной подтоплению и повторному заболачиванию, вследствие выхода из строя закрытого дренажа, заиливания и зарастания каналов, выхода из строя шлюзов-регуляторов и др. На части этих земель, используемых под улучшенные сенокосы и пастбища, произошла деградация почв, ухудшилась структура и продуктивность травяного покрова.

Для восстановления продуктивности мелиорированных земель необходима их реконструкция. Такая работа ведется в рамках Государственной программы сохранения и использования мелиорированных земель на 2011–2015. Планируется за 5 лет провести реконструкцию 24-х мелиоративных объектов общей площадью 78,6 тыс.га. На большинстве из них доля переувлажненных земель занимает 60 % и более.

По данным РУП «Институт мелиорации», при существующих технологиях реконструкции и сельскохозяйственного производства время окупаемости мелиоративного строительства на период 2011–2015 гг. составит: по оптимистическому сценарию – 7–15 лет, по пессимистическому – 25–34 года. Обследования реальных систем, реконструированных в Лунинецком районе, показали, что в любом случае затраты на мелиорацию окупаются за жизненный цикл мелиоративной системы не менее двух раз. Для экономически эффективного поддержания работоспособности мелиоративных систем после их восстановления и перехода к нормативному обслуживанию в первые 15–20 лет выгоднее вкладывать требуемые средства в ремонтно-эксплуатационные работы, чем уже через 10 лет после строительства проводить дорогостоящую реконструкцию.

Качество почв сельскохозяйственных земель. Качество почв сельскохозяйственных земель определяется совокупностью показателей, отражающих их агрофизические и агрохимические свойства. К основным из них относятся гранулометрический состав, кислотность, содержание гумуса и элементов питания растений (подвижного фосфора и калия) [4].

Гранулометрический состав. Наибольшие площади пахотных земель, а также улучшенных сенокосов и пастбищ на территории Припятского Полесья заняты минеральными почвами – 74 %. Остальные 26 % приходятся на торфяные почвы.

Доля минеральных почв в составе пахотных земель в 1,3 раза выше по сравнению с луговыми и составляет 82,2 %. В их структуре преобладают песчаные почвы – 72,0 %. На долю супесчаных почв приходится 18,8 %, суглинистых и глинистых – 8,2 %.

Среди административных районов указанные показатели существенно различаются (табл. 2). Повсеместно преобладают песчаные почвы. Вслед за ними в четырех районах (Лунинецком, Пинском, Житковичском и Петриковском) следуют торфяные и в остальных трех районах (Столинском, Мозырском, Наровлянском) – супесчаные почвы. Суглинистые почвы имеют заметное распространение только в двух районах – Столинском (21,4 % пахотных угодий) и Житковичском (17,9 %).

В почвенном покрове улучшенных сенокосов и пастбищ, так же как и пашни, преобладают минеральные почвы, однако эти угодья имеют более высокую долю торфяных почв – 35,9 %. Наибольших значений она достигает в Наровлянском районе – 61,1 %, а также в Лунинецком и Пинском районах, соответственно, 46,8 и 42,5 %. В двух районах – Мозырском и Петриковском распространение торфяных почв на улучшенных луговых землях небольшое.

Кислотность почв. По средневзвешенному показателю кислотности пахотные почвы Припятского Полесья относятся к слабокислым с pH 5,73, что ниже, чем по стране в целом (pH 5,90) и не достигает оптимального для почв Беларуси значения, равного pH 6,0–6,2 [2, 14].

Кислотность пахотных почв Припятского Полесья изменяется в широком диапазоне. Наибольшая их доля (почти треть) относится к слабокислым с pH 5,51–6,00. Почвы с реакцией, близкой к нейтральной (pH 6,01–6,50), которая является оптимальной для выращивания сельскохозяйственных культур, занимают четвертую часть земель. Доля кислых почв различной степени кислотности составляет 31,6 %, нейтральных и слабощелочных с pH 6,51 и более – 12,4 %.

Таблица 2. Распределение пахотных почв и почв улучшенных сенокосов и пастбищ административных районах Припятского Полесья по гранулометрическому составу, тыс. га

Район	Пахотные почвы			Почвы улучшенных сенокосов и пастбищ	
	минеральные			торфяные	минераль-ные
	глинистые и суглинистые	супесчаные	песчаные		
Брестская область					
Лунинецкий	0,04	4,07	22,52	14,01	20,41
Пинский	0,45	9,13	36,81	13,12	28,29
Столинский	9,93	12,81	21,10	2,46	29,23
Всего	10,42	26,01	80,43	29,59	77,93
Гомельская область					
Житковичский	5,25	2,08	15,90	6,08	12,71
Мозырский	0,02	3,30	12,00	0,08	5,54
Наровлянский	0,32	4,68	7,11	0,11	5,35
Петриковский	0,33	3,41	28,02	7,42	17,95
Всего	5,92	13,47	63,03	13,69	41,55
Припятское Полесье	16,34	39,48	143,46	43,28	119,48
					66,82

Слабокислые почвы имеют самое широкое распространение в Припятском Полесье в целом и в большинстве административных районов. Только в двух из них (Мозырском и Наровлянском) преобладают почвы оптимальной четвертой группы кислотности. Эти же районы вместе со Столинским районом, имеют средневзвешенные показатели кислотности выше среднего для региона значения.

Сходным образом с пахотными землями распределяется кислотность улучшенных сенокосов и пастбищ. Средневзвешенный ее показатель в данном случае несколько ниже и составляет 5,64. Сравнительно лучшая ситуация по кислотности этих угодий имеет место в тех же районах, что и по пашне – Мозырском, Наровлянским и Столинском.

Содержание гумуса. Средневзвешенное содержание гумуса в пахотных почвах Припятского Полесья составляет 2,52 %, что выше, чем в целом по Беларуси – 2,23 % [2, 14]. Более половины пахотных почв региона имеют повышенное (больше 2,51 %), содержание гумуса. При этом у 40 % почв оно превышает 3 %. Группы почв с содержанием гумуса от 1,51 до 2,50 % составляют 39,9 % пахотных угодий региона. К низкогумусированным почвам, в которых содержание гумуса не превышает 1,5 %, относится сравнительно небольшое количество данных угодий – 8,2 %.

В почвах улучшенных сенокосов и пастбищ средневзвешенный показатель содержания гумуса составляет 2,88 %, что выше, чем в пахотных почвах. Наиболее высоким содержанием гумуса в почвах как пахотных, так и луговых земель характеризуются Лунинецкий, Столинский и Житковичский районы.

В обеспеченности почв сельскохозяйственных земель региона гумусом наблюдаются

негативные процессы его отрицательной динамики. Так, за пятилетний период с 2002 по 2006 г. содержание гумуса уменьшилось в пахотных почвах на 0,16 и в луговых – на 0,22 %.

Элементы питания растений. Кроме показателей pH и содержания гумуса, плодородие почв определяется по количеству содержащихся в них элементов питания, в частности, подвижного фосфора и калия. Средневзвешенное содержание подвижного фосфора в пахотных почвах Припятского Полесья составляет 185 мг/кг, что соответствует среднему для Беларуси значению (184 мг/кг), калия – 160 мг/кг, что в 1,2 раза ниже среднего показателя (196 мг/кг) [2, 14]. При этом 25 % почв региона относятся к слабообеспеченным по содержанию P₂O₅ и 48 % – по содержанию K₂O.

Почвы улучшенных сенокосов и пастбищ обогащены фосфором и калием значительно хуже, чем пахотные почвы. Средневзвешенное содержание P₂O₅ в них ниже в 1,6 раза и K₂O – в 1,2 раза. К слабообеспеченным подвижным фосфором относятся 54 % этих почв и калием – 63 %.

Плодородие почв сельскохозяйственных земель. Приведенные показатели кислотности почв, а также их обеспеченности гумусом и элементами питания интегрируются в обобщенный показатель – балл плодородия почв. Его средняя величина для сельскохозяйственных земель Припятского Полесья составляет 26,0, что на 2,9 единицы ниже среднего по Беларуси (табл. 3). Для пахотных земель, а также улучшенных луговых данный показатель составляет 28,3 и 24,9, что на 3,9 и 1,9 балла ниже, чем в среднем для страны. В то же время балл плодородия почв естественных сенокосов и пастбищ в регионе выше среднего и составляет 17,2 против 15,3 в целом для Беларуси.

Таблица 3. Плодородие почв сельскохозяйственных земель районов Припятского Полесья [12]

Район	Виды сельскохозяйственных земель			
	сельскохозяйственные, всего	пахотные и используемые под постоянные культуры	луговые улучшенные	луговые естественные
Брестская область				
Лунинецкий	26,8	28,3	25,3	12,1
Пинский	26,4	29,2	25,9	16,5
Столинский	29,1	30,6	32,1	21,5
Всего	27,4	29,4	27,8	16,7
Гомельская область				
Житковичский	26,7	30,1	26,1	17,9
Мозырский	24,7	27,6	22,4	16,2
Наровлянский	25,5	27,3	22,8	18,1
Петриковский	23,5	25,8	21,6	17,8
Всего	25,1	27,7	22,3	17,5
Припятское Полесье	26,0	28,3	24,9	17,2

Более высоким плодородием сельскохозяйственных (в том числе пахотных) земель отличается западная часть Припятского Полесья, включая 3 района Брестской области, а также Житковичский район Гомельской области. По естественным лугам ситуация обратная. Более плодородные луговые угодья размещаются в восточной части региона – в районах Гомельской области и Столинском районе Брестской области. Последний имеет самый высокий балл плодородия по всем угодьям.

Агроклиматические ресурсы

Агроклиматические ресурсы представляют собой совокупность элементов климата, влияющих на количественные и качественные характеристики сельскохозяйственного производства, в первую очередь в его ключевом звене – формировании урожаев сельскохозяйственных культур. Они характеризуют условия тепло- и влагообеспеченности периода вегетации сельскохозяйственных культур, а также агроклиматические условия их перезимовки.

Теплообеспеченность вегетационного периода.

Припятское Полесье занимает в Беларуси южное географическое положение, что определяет максимальные для территории страны значения суммарной и фотосинтетически активной радиации (ФАР). Величина ФАР на метеостанции Полесская за теплый период года (апрель – октябрь) составила 1746 МДж/м², а за год – 2101 МДж/м² [13]. Близкими к ней показателями характеризуются также метеостанции Пинск (1760 и 2127 МДж/м²) и Житковичи (1753 и 2113 МДж/м²) [1].

За два последних десятилетия в регионе, как и в целом по Беларуси, наблюдался значительный рост термических ресурсов (табл. 4). Он проявился не только в повышении температур, но и в более ранних переходах средней суточной температуры воздуха через пороговые значения 0, 5, 10 и 15 °С весной при примерном сохранении сроков этих переходов осенью. В результате на метеостанциях Припятского Полесья на 7–10 дней

увеличился безморозный период, на 8 – вегетационный период (выше 5 °С), на 4–5 – период активной вегетации большинства культур (выше 10 °С) и практически не изменился период вегетации теплолюбивых культур (выше 15 °С).

Под влиянием температурного и временного факторов заметно выросли основные показатели термических ресурсов – суммы положительных температур, в том числе наиболее ценной их категории – сумм температур выше 15 °С, которые в общей структуре термических ресурсов превышают 60 %.

Рациональное использование увеличившихся в последние десятилетия термических ресурсов в значительной степени ограничиваются заморозки – понижения температуры ниже 0 °С на фоне положительных температур весной и осенью в воздухе или на почве, которые регулярно приводят к повреждению и гибели посевов. По повторяемости весенних и осенних заморозков своеобразным «полюсом» на территории Беларуси является район метеостанции Полесская, где они наблюдаются практически ежегодно [8]. В ряде районов юга Беларуси увеличилась повторяемость поздневесенних и раннеосенних заморозков, что отрицательно сказывается на сельскохозяйственном производстве. Так, в период потепления климата безморозный период для Пинска и Полесской несколько увеличился, в то время как для Житкович – уменьшился.

Влагообеспеченность вегетационного периода.

При оценке условий увлажнения наиболее объективным показателям является соотношение количества осадков и испаряемости. Самую общую оценку атмосферного увлажнения территории обеспечивает индекс сухости М. И. Будыко (ИС), представляющий собой отношение скорректированных на соответствующий коэффициент сумм температур выше 10 °С к количеству атмосферных осадков за год.

Таблица 4. Термические ресурсы периода современного потепления и их изменение относительно климатических норм в Припятском Полесье

Показатель	год	Метеостанции			
		Пинск	Полесская	Житковичи	Мозырь
Средняя температура воздуха, °C	январь	7,8 (0,9)* -3,0 (2,3) 19,3 (1,0)	7,0 (0,5) -3,6 (2,0) 18,3 (0,4)	7,5 (0,8) -3,4 (2,6) 19,2 (0,9)	7,3 (0,6) -3,9 (2,4) 19,4 (0,8)
июль					
Дата устойчивого перехода температуры воздуха (°C) через указанные значения весной	0 °C 5 °C 10 °C 15 °C	7.III (-12) 2.IV (-6) 22.IV (-5) 20.V (-4)	12.III 4.IV 26.IV 31.V	11.III (-9) 3.IV (-7) 23.IV (-5) 22.V(-1)	14.III 4.IV 23.IV 22.V
Дата устойчивого перехода температуры воздуха (°C) через указанные значения осенью	15 °C 10 °C 5 °C 0 °C	4.IX (0) 2.X (0) 30.X (2) 25.XI (-2)	30.VIII 27.IX 27.X 22.XI	3.IX (1) 29.IX (-1) 27.X (1) 22.XI (-2)	4.IX 29.IX 26.X 19.XI
Продолжительность периода (дни) со среднесуточной температурой воздуха выше	0 °C 5 °C 10 °C 15 °C	263 (10) 211 (8) 163 (5) 107 (4)	255 206 154 91	256 (7) 207 (8) 159 (4) 104 (2)	250 205 159 105
Суммы положительных температур воздуха за период выше	0 °C 5 °C 10 °C 15 °C	3091 (161) 2972 (168) 2628 (164) 1908 (133)	2864 2751 2362 1566	3012 (135) 2895 (143) 2531 (119) 1843 (92)	3003 2894 2548 1870
Беззаморожковый период, дни	в воздухе на почве	172 (7) 153 (6)	128 (6) 94 (6)	148 (-4) 135 (-5)	154 146

* В скобках изменение относительно климатических норм в Припятском Полесье.

Наиболее широкое применение при оценке агроклиматических ресурсов на постсоветском пространстве получил гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова (ГТК), как отношение количества осадков за период с температурами воздуха выше 10 °C к сумме температур за этот период. Используется также коэффициент увлажнения Ю. И. Чиркова (КУ), который в отличие от ГТК характеризует увлажненность почвы с учетом осадков не только теплого, но и холодного периодов.

Указанные коэффициенты рассчитаны для метеостанций рассматриваемого региона за период 1986–2005 гг. (табл. 5). Из полученных данных следует, что относительная влажность воздуха в теплый период в Припятском Полесье, прежде всего в его западной части, несколько уменьшилась. Одновременно здесь увеличился дефицит насыщения воздуха водяным паром, в то время как в восточной части региона он, по данным метеостанции Житковичи, напротив, сократился.

Западная часть Припятского Полесья характеризуется более высокими значениями индекса сухости, который здесь к тому же имеет тенденцию к росту, в то время как на востоке – к снижению. Коэффициент увлажнения Чиркова на западе также заметно ниже, чем на востоке и к тому же снижается, а на востоке – растет. Различия в уровнях и тенденциях увлажнения по зна-

чениям ГТК в летний сезон наиболее контрастны для Пинска и Житкович (табл. 5).

Изменение агроклиматических ресурсов при совместном влиянии теплообеспеченности (суммы положительных температур воздуха выше 10 °C) и влагообеспеченности (ГТК) на основе балльной шкалы позволяет отразить биоклиматический потенциал (БКП) земель. Согласно оценкам БКП в 1986–2005 гг. Относительно климатических норм на западе и востоке Припятского Полесья отмечался некоторый его рост (табл. 6).

Под влиянием потепления произошло снижение континентальности климата, о чем свидетельствует уменьшение годовой амплитуды температуры воздуха (разница между температурой самого теплого и самого холодного месяцев) и коэффициента континентальности климата Н. Н. Иванова (отношение годовой амплитуды к географической широте в процентах), а также увеличение продолжительности вегетационной весны и осени (число дней с температурой в пределах от 5 до 15 °C). Уменьшение континентальности климата обеспечивает улучшение условий произрастания сельскохозяйственных культур, прежде всего на начальных и заключительных стадиях их развития, менее напряженный график посевных и уборочных работ, меньшую угрозу повреждения посевов от воздействия высоких и низких температур, и, в конце концов, менее рискованный характер земледелия в регионе [10, 11].

Таблица 5. Ресурсы влаги периода современного потепления и их изменение относительно климатических норм в Припятском Полесье

Показатель		Метеостанции			
		Пинск	Полесская	Житковичи	Мозырь
Сумма атмосферных осадков, мм	год	590 (-27)	564 (-104)	718 (62)	657 (18)
	теплый период	406 (-25)	397 (-59)	485 (33)	451(4)
Влажность воздуха, %	теплый период	72,3 (-2,9)	76,0	73,1 (-0,8)	71,9
Дефицит насыщения, гПа	теплый период	5,6 (0,1)	4,8	5,5 (-0,4)	5,7
Индекс сухости Будыко	год	0,80 (0,08)	0,75	0,64 (-0,03)	0,70
Коэффициент увлажнения Чиркова	год	0,98 (-0,03)	1,02	1,21(0,13)	1,11
ГТК	июль – август	1,3 (-0,1)	1,4	1,6 (0,1)	1,4

Таблица 6. Биоклиматический потенциал и континентальность климата в период современного потепления и их изменение в Припятском Полесье

Показатель		Метеостанции			
		Пинск	Полесская	Житковичи	Мозырь
Биоклиматический потенциал, баллы		138 (+4)	125	135 (+4)	139
Годовая амплитуда температуры воздуха, °С		22,3 (-1,3)	21,9 (-1,6)	22,6 (-1,7)	23,2 (-1,6)
Коэффициент континентальности климата по Н. Иванову, %		129,5 (-7,7)	126,7(-9,5)	131,0 (-10,0)	135,5 (-9,1)
Продолжительность вегетационной весны и осени		104 (+4)	115	103 (+6)	100

Ресурсы растительного мира

Ресурсы растительного мира представлены лесными (древесными и недревесными), а также луговыми видами.

Лесные древесные ресурсы. На территории Припятского Полесья леса занимают 1 032,9 тыс. га, в т.ч. 79,6 % лесопокрытой площади, с общим запасом древесины 142,8 млн м³ (табл. 7). В целом по региону леса I и II групп распределяются примерно поровну. Однако по районам имеются существенные различия. В Столинском районе эксплуатационные леса II группы занимают лишь около четверти лесного

фонда, в Мозырском и Наровлянском – около трети.

В общих запасах древесины примерно седьмая часть приходится на спелые и перестойные леса. Из них 84 % возможны для эксплуатации. Самые большие запасы древесных ресурсов приходятся на 2 района Гомельской области – Петриковский и Житковичский. Их совместная доля в общих запасах этих ресурсов составляет 38 %, в запасах спелых и перестойных лесов, в том числе возможных для эксплуатации – 51 %.

Таблица 7. Запасы лесных древесных ресурсов на территории административных районов Припятского Полесья

Район	Площадь			Запас, тыс. м ³		
	лесной фонд, га	леса I группы, %	леса II группы, %	общий	спелых и перестойных	возможных для эксплуатации
Брестская область						
Лунинецкий	144 766	36,23	63,77	18 926,1	2346,4	1976,6
Пинский	112 598	34,30	65,70	20 017,8	1819,0	1696,2
Столинский	185 078	72,65	27,35	15 528,7	999,9	599,1
Всего	442 442	50,98	49,02	54 472,6	5165,3	4271,9
Гомельская область						
Житковичский	189 560	41,60	58,40	25 368,3	4745,0	3630,7
Мозырский	94 187	64,57	35,43	18 481,8	2601,7	2042,1
Наровлянский	128 926	65,05	34,95	16 273,5	2552,8	2339,6
Петриковский	177 749	30,78	69,22	28 209,3	5861,4	5332,4
Всего	590 422	47,13	52,87	88 332,9	15 760,9	13 344,8
Припятское Полесье	1 032 864	48,78	51,22	142 805,5	20 926,2	17 616,7

Лекарственные и пищевые ресурсы.

На территории Припятского Полесья учтено 76 видов лекарственных растений. Из них у 38 видов, биологический запас сырья превышает 1 т. По его величине эти виды разделены на 3 группы.

В первую группу отнесены виды с биологическим запасом лекарственного сырья более 1000 т. Такой запас обеспечивают возможность промышленных заготовок данного сырья. Это 11 видов: *сосна обыкновенная* (40792,3 т) > *береза повислая и пушистая* (20456,1) > *крушина ломкая* (7032,5) > *черника обыкновенная* (5565,7) > *дуб черешчатый* (4924,5) > *брусника* (2366,2) > *таволга вязолистная* (1623,4) > *малина* (1261,4) > *ольха черная* (1163,2) > *рябина обыкновенная* (1113,9 т).

Во вторую группу включены виды, биологический запас лекарственного сырья которых находится в пределах 100 – 1000 т. Запасы сырья данных видов достаточны для заготовок. Это 8 видов: *багульник болотный* (854,6 т) > *ланьшиш майский* (559,2) > *вахта трехлистная* (523,7) > *крапива двудомная* (361,7) > *земляника лесная* (294,2) > *хвощ полевой* (247,3) > *аир обыкновенный* (158,1) > *сабельник болотный* (140,6 т).

Третью группу составили виды с биологическим запасом лекарственного сырья менее 100 т. Они имеют низкий ресурсный потенциал, их можно заготавливать лишь в небольших объемах. Это 19 видов: *тысячелистник обыкновенный* (32,7 т) > *щитовник мужской* (25,0) > *лапчатка прямостоячая* (24,4) > *можжевельник обыкновенный* (23,1) > *толокнянка обыкновенная* (23,0) > *плаун булавовидный* (12,0) > *ива ломкая* (10,2) > *сумочник обыкновенный* (10,1) > *одуванчик лекарственный* (8,3) > *таволга обнаженная* (7,9) > *черемуха обыкновенная* (6,1) > *липа сердцелистная* (6,0) > *vasilek синий* (5,9) > *тимьян обыкновенный* (4,7) > *фиалка полевая* (4,6) > *валериана лекарственная* (4,6) > *дудинка лекарственный* (4,5) > *сушеница топяная* (4,1) > *череда трехраздельная* (3,8 т).

Пищевые растения в Припятском Полесье представлены 20 видами, 10 из которых имеют биологический запас больше 1 т. Аналогично лекарственным растениям эти виды также распределены по трем группам:

1. Виды с биологическим запасом сырья более 1000 т: *черника обыкновенная* (8905,2 т) > *брусника* (1183,1) > *рябина обыкновенная* (1113,9 т).

2. Виды с биологическим запасом сырья от 100 до 1000 т: *калина* (420,5 т) > *клюква болотная* (316,7) > *голубика* (281,3 т).

3. Виды с биологическим запасом сырья менее 100 т: *лещина обыкновенная* (40,6 т) > *щавель кислый* (16,0) > *земляника лесная* (11,8) > *ежевика* (4,6 т).

На территории Припятского Полесья также учтено 5 видов пищевых грибов. Рекомендуемые объемы их заготовок составляют: *лисичка* (834 т) > *подберезовик* (780) > *белый гриб* (512) > *подосиновик* (368) > *оленок осенний* (175 т).

Распределение запасов лекарственных и пищевых ресурсов, а также грибов по районам сходно с таковым древесных ресурсов. Максимальные их величины приходятся на Житковичский и Петриковский районы. На долю этих районов совместно приходится 37 % лекарственного сырья, 38 % пищевого и 51 % грибов.

Для региона в целом, а также применительно к каждому району рассчитаны допустимые объемы заготовок недревесного растительного сырья (табл. 8). Они согласуются с распределением запасов данного сырья. Наиболее высокими показателями выделяются Житковичский и Петриковский районы.

Таблица 8. Рекомендуемые объемы заготовок лекарственного и пищевого сырья и грибов на территории Припятского Полесья, т/год

Район	Сырье		
	лекарственное	пищевое	грибы
Брестская область			
Лунинецкий	1457	549	234
Пинский	1703	586	547
Столинский	1869	615	384
Всего	5029	1750	1165
Гомельская область			
Житковичский	2238	874	770
Мозырский	1524	523	134
Наровлянский	1521	513	–
Петриковский	2588	808	600
Всего	7871	2719	1504
Припятское Полесье	12 900	4469	2669

Современное использование ресурсов недревесного растительного сырья в регионе недостаточно полное. Так, заготовки пищевых растений (плодов и ягод) в 2010 г. составили только 36 % от рекомендуемых объемов, грибов – 14 %, лекарственных растений – менее 1 %. Соответственно, имеются резервы их значительного увеличения.

Луговые ресурсы поймы р. Припяти. В Припятском Полесье особенно важное кормовое значение имеют естественные луга поймы р. Припяти к которой примыкают СПК, где планируется разведение мясного скота. В ее пределах преобладают группы луговых суходольных и луговых заболоченных фитоценозов. При этом в каждой из них выделяются чистые и закустаренные луга.

Площадь пойменных суходольных лугов больше и составляет 90,5 тыс. га, заболоченных – 65,5 тыс. га. В их составе на долю закустаренных приходится примерно по 4 %.

Суходольные чистые луга представленные лугоовсяницевыми лугомятликовыми, красно-овсяницевыми, белоусовыми и др. ассоциациями; закустаренные луга состоят из келериевых, виноградниковополевицевых, щучковых и пырейных ассоциаций. Группу заболоченных чистых лугов составляют двукисточниковые, болотномятликовые, остроосоковые ассоциации; закустаренных – молиньевые, остроосоковые и вязолистнотаволговые ассоциации.

Для каждого типа лугов рассчитана средняя продуктивность зеленой травы и сена, а также поедаемость травы (табл. 9). Из приведенных данных следует, что более продуктивными являются

заболоченные чистые луга, хотя процент поедания травы у них ниже, чем у суходольных чистых.

В силу природно-ландшафтного строения Припятского Полесья пойменные луга размещаются преимущественно в его западной части. Так, на долю трех районов Брестской области приходится 69 % их площади (табл. 10). Среди этих районов особенно большими размерами данных угодий отличаются Столинский и Пинский районы, доля которых составляет, соответственно, 30,2 и 26,4 %. При этом в Столинском районе преобладают более продуктивные заболоченные чистые луга.

Таблица 9. Урожайность основных типов лугов и поедаемость травы в пойме р. Припяти

Типы лугов	Площадь, га	Средняя продуктивность зеленой травы, ц/га	Средняя продуктивность сена, ц/га	Доля поедаемой травы, %
Суходольные чистые	86 449	120,0	21	80
Суходольные закустаренные	4088	96,6	16,9	65
Заболоченные чистые	62 714	216,0	37,8	65
Заболоченные закустаренные	2745	171,4	30	60

Таблица 10. Распределение основных типов пойменных лугов по административным районам Припятского Полесья, тыс. га

Район	Площадь пойменных лугов				Всего	
	Типы лугов					
	суходольные чистые	суходольные закустаренные	заболоченные чистые	заболоченные закустаренные		
Брестская область						
Лунинецкий	13,6	–	6,1	–	19,7	
Пинский	39,4	0,1	1,5	0,1	41,1	
Столинский	6,5	–	40,6	–	47,1	
Всего	59,5	0,1	48,2	0,1	107,9	
Гомельская область						
Житковичский	10,3	–	14,2	–	24,5	
Мозырский	4,7	2,7	–	1,2	8,6	
Наровлянский	2,6	1,3	–	1,4	5,3	
Петриковский	9,3	–	0,2	–	9,5	
Всего	26,9	4,0	14,4	2,6	47,9	
Припятское Полесье	86,4	4,1	62,6	2,7	155,8	

Для определения пастбищной емкости пойменных лугов можно принять данные И. В. Ларина [7], согласно которым на каждую корову должно приходиться около 1 га площади пастбищных угодий. В этом случае общая емкость пойменных лугов Припяти составит примерно 150 тыс. голов крупного рогатого скота.

Современное культуртехническое состояние преобладающей части пойменных земель с природной луговой растительностью неудовлетворительное. В прошлом пойменные луга Припяти характеризовались высокой биологической продуктивностью и играли важную роль в обеспечении животноводства травяными кормами [9].

Ежегодное выкашивание травостоя и ручное уничтожение кустарника обеспечивали сохранение их долголетия. В настоящее время происходит интенсивное зарастание поймы.

Одновременно с зарастанием ухудшается водный режим лугов, что сопровождается обеднением состава трав. Преобладающими растительными сообществами в настоящее время являются представители мезофильных видов, сообщества сырых и заболоченных лугов. В этой связи для обеспечения развития пастбищного мясного скотоводства необходимо детальное обследование и природно-хозяйственное зонирование пойменных земель с целью обоснования

их более активного вовлечения в хозяйственный оборот.

Ресурсы животного мира

Ресурсы животного мира состоят из охотничьих животных (в первую очередь копытных), охотничьих промысловых птиц и рыб.

Копытные животные. Видовой состав охотничьих животных на территории Припятского Полесья весьма разнообразен, численность некоторых видов зверей довольно высокая, что позволяет без ущерба для их воспроизводства проводить на них охоту. За последние пять лет, по результатам регулярных учетов, проводимых егерской службой, и дополнительного анкетного опроса, отмечается общая тенденция увеличения численности охотничьих видов животных с незначительными колебаниями по годам.

Согласно данным учетов диких копытных животных, в природных экосистемах Припятского Полесья обитает 2581 лось, 7433 косули, 7690 кабанов, 637 благородных оленей. Наибольшая численность охотничьих животных отмечена в ЭЛОХ «Лясковичи», ГПУ НП «Припятский», ГЛХУ «Мозырский опытный лесхоз», РГОО БООР «Пинская РОС», РГОО БООР «Наровлянская РОС». При этом плотность населения кабана, лося и косули в регионе существенно ниже, чем в среднем по стране. Она составляет по лосю, соответственно, 1,05 и 2,07 особей на 1000 га охотничьих угодий, по косуле – 5,13 и 7,08 и по оленю – 0,13 и 0,68 особей на 1000 га.

Низкая плотность лося вероятнее всего связана с прохождением по территории Припятского Полесья южной границы его сплошного ареала. Данный вид является представителем бореальной териофауны и адаптирован к более суровым северным, а не мягким южным условиям обитания.

Благородный олень – наиболее динамично развивающийся в Беларусь вид, хотя к настоящему времени он не имеет сплошного ареала распространения. Поэтому средние по территории Припятского Полесья показатели плотности населения оленя лишь очень приблизительно могут характеризовать состояние его ресурсов. Относительно более высокая плотность оленя, отмечается на территории Житковичского, Лунинецкого и Петриковского районов. В остальных районах численность и плотность оленя настолько далеки от оптимальных, что основной целью ведения хозяйства по этому виду является обеспечение роста популяций. Отстрел племенных животных недопустим, за исключением отдельных микропопуляций, достигших оптимальной численности.

В отличие от лося и оленя, косуля распространена в Беларусь повсеместно, и ее плотность более реально отражает состояние популяций данного вида. На территории Припятского Полесья максимальная плотность косули отме-

чена в Мозырском и Петриковском районах, где она превышает среднюю по стране. Достижению более высокой численности косули мешают, помимо хищничества, два основных фактора – бесконтрольное изъятие браконьерами (обусловленное возможностью утаить небольших по размеру животных) и существующая практика охоты. В последние годы разрешена охота на самцов косули в весенне-летний период, что приводит к тому, что даже в малых по численности популяциях отстреливаются племенные самцы еще до периода размножения, а в осенний период, как правило, отстрел ведется на загонных охотах, без селекции по полу и возрасту.

Современная численность копытных охотничьих животных в Припятском Полесье не соответствует существующим здесь достаточно благоприятным экологическим условиям (климатическим, кормовым, защитным). В соответствии с данными проектов охотоустройства, для достижения оптимальной плотности, численность лося в охотничьих угодьях региона должна быть увеличена в 2 раза (на 2270 особей), благородного оленя почти в 4 раза (на 2170 особей), кабана – на 15 % (на 1100 особей) и косули в 1,3 раза (на 2450 особей). Резкое увеличение численности копытных может быть достигнуто при проведении комплекса биотехнических мероприятий в сочетании с сокращением нежелательных видов (хищников).

В настоящее время максимально приближенная к оптимальной плотность диких копытных животных зарегистрирована в Национальном парке «Припятский», в котором учтено 960 лосей, 1323 косули, 2036 кабанов. Численность кабана превышает оптимальную величину, поэтому она подлежит сокращению.

Изъятие животных в 2010 г. даже по таким многочисленным видам, как косуля, составило 7,9 %, а по кабану – 15,3 % от их численности перед началом биологического года. Оно может быть увеличено без ущерба для популяций, соответственно, до 30 % и 60 %.

При достижении запланированной в проектах охотоустройства оптимальной численности, а также оптимального использования, добыча копытных животных может быть увеличена на 60 %. Однако и это не является пределом для Припятского Полесья. В случае создания благоприятных условий воспроизводства, численность диких копытных может быть увеличена в 1,5–2 раза по сравнению с показателями, заложенными в проектах охотоустройства. Для этого необходимо перевести охотничье хозяйство на интенсивный путь развития.

Охотниче-промышленные птицы. В составе биологических ресурсов Припятского Полесья довольно значимое место занимает группа охотниче-промышленных птиц. К наиболее массовым гнездящимся охотничим птицам отно-

сятся водоплавающие, главным образом представители семейства утиных (7 видов), среди которых доминируют кряква (55,8 %) и чирок-трескунок (24,4 %). Территория поймы Припяти является крупнейшим местом размножения и послегнездовой концентрации водоплавающих птиц Беларуси, которые выступают наиболее массовыми объектами охоты.

На территории Припятского Полесья, как и в целом по стране, наблюдается снижение численности охотничьих видов водоплавающих птиц. Причиной этому, наряду с ухудшением качества водно-болотных угодий, явилось комбинированное воздействие интенсификации охоты на местах зимовок в Западной Европе и резкое снижение эффективности гнездования на местах размножения.

Через юг Беларуси и север Украины пролегает выгодный в кормовом отношении наиболее крупный южный Полесский пролетный путь (пойма р. Припяти) гуменника и белолобого гуся. Для данных видов пойма Припяти и прилегающие к ней сельхозугодья служат важными местами остановок во время весенней миграции. Общая численность мигрирующих гусей, останавливающихся во время весеннего пролета в пойме Припяти, оценивалась в начале 2000-х годов в 100–150 тысяч особей. Интенсивная весенняя охота на гусей в последние годы привела к значительному сокращению их количества.

Результаты инвентаризации тетеревиных и глухаринных токов свидетельствуют о том, что в подавляющем большинстве административных районов Припятского Полесья продолжается сокращение численности глухаря и тетерева.

Популяция глухаря на территории Припятского Полесья находится в критическом состоянии. Одной из причин сокращения его численности является неблагоприятный для вида возрастной состав сосновых лесов. Глухарь населяет сосновые насаждения старше 40-летнего возраста, предпочитая спелые и перестойные насаждения небольшой полноты. Современное ведение лесного хозяйства приводит к фрагментации и деградации местообитаний глухаря и в конечном итоге – снижению его численности.

Второй существенной причиной снижения численности глухаря является значительная и постоянно растущая антропогенная нагрузка. В теплое время года люди почти постоянно присутствуют в лесу, используя его как для отдыха, так и для сбора грибов и ягод (черника и клюква), что снижает кормовую базу для глухаря.

Наконец, очень важной причиной снижения численности глухаря является повышение пресса хищных млекопитающих, численность которых в течение последних 15 лет возросла из-за снижения их добычи охотниками. Если не принять меры по сохранению последних ныне существующих токов и окружающих выводковых ста-

ций, то на протяжении ближайших 10 лет глухарь может полностью исчезнуть из местных лесов.

Тетерев, по-видимому, адаптировался к обитанию в условиях экстенсивно эксплуатируемого антропогенно-трансформированного ландшафта. В 2006–2009 гг. в Брестской и Гродненской областях 88 % тетеревиных токов локализовались на обрабатываемых и необрабатываемых полях, засеянных озимыми и многолетними травами, пастбищах, заброшенных или частично эксплуатируемых мелиоративных системах, на открытых участках военных полигонов. В Гомельской области доля тетеревиных токов на антропогенно-трансформированных территориях составила 73 %.

Состояние популяции тетерева в ближайшем будущем будет зависеть от того, как будет развиваться сельскохозяйственное производство. Очевидно, что в случае изменения землепользования в сторону интенсификации, можно прогнозировать быстрое сокращение ее численности. Полное прекращение хозяйственной деятельности также в отдаленной перспективе приведет к падению численности данного вида.

Для обеспечения оптимальной численности глухаря и тетерева необходимо реализовать комплекс мероприятий, включающий проведение качественных учетов токов, установление специального режима охраны для всех сохранившихся местообитаний глухаря в зонах катастрофического падения численности с запретом сбора ягод и грибов в выводковых стациях, временный (до восстановления численности) запрет весенней охоты на токах, регламентирование лесохозяйственных мероприятий; регулирование численности хищных млекопитающих, в частности – лисы, а также дикого кабана.

Ресурсы ихтиофауны. На территории Припятского Полесья исторически сложились благоприятные условия для организации промышленного и любительского рыболовства. Это обусловлено продолжительными весенними половодьями, во время которых создаются исключительно благоприятные условия для нереста рыб, а также высокой кормностью водоемов. Акватории региона характеризуются высокой численностью и биомассой большинства видов рыб и высоким видовым разнообразием представителей класса в целом.

Уникальность гидрологической сети Припятского Полесья состоит в наличии на его территории водоемов и водотоков различного типа. Данный факт объясняет наличие в составе ихтиофауны как речных, так и озерно-речных и озерных видов рыб. Всего в составе ихтиофауны региона выявлено обитание 50 видов рыб. Основу промысла рыбы в р. Припяти за период 1956–2003 гг. составили такие виды как щука, плотва, лещ, густера, окунь, язь и подуст. Суммарная доля этих видов в общем вылове рыб ко-

лебалась от 90,4 (1991–2003 гг.) до 96,8 % (1971–1980 гг.).

Река Припять является одним из важнейших рыбопромысловых водотоков Беларуси. Рыбопродуктивность промыслового лова на участке р. Припяти по Гомельской области колеблется от 164 кг/км в Житковичском районе до 256 кг/км русла реки в Мозырском районе. В среднем рыбопродуктивность на участке р. Припяти в Гомельской области выше, чем по Брестской области и составляет 212 кг/км.

Максимальное промысловое изъятие рыбы из Припяти наблюдалось в период 1971–1990 гг., когда в целом из реки в среднем за год вылавливались 2000–2500 ц рыбы. До 1990 г. облавливался участок р. Припяти протяженностью более 500 км. Начиная с 1990 г. облавливаемый участок сократился из-за неблагоприятной радиационной обстановки. Причем, из промысла был исключен в основном нижний самый продуктивный участок реки. Последние пять лет объемы промыслового вылова рыбы из Припяти в среднем за год составили 864,8 ц (366,6 ц для участка в Брестской области и 498,2 ц – в Гомельской).

В настоящее время арендуется и облавливается в соответствии с разработанными обоснованиями практически вся пригодная для промысла протяженность р. Припяти. Учитывая возросшую за последние два десятилетия нагрузку любительского рыболовства на промысловые запасы рыб водотоков, а также современные условия естественного воспроизводства рыб, объемы их промыслового изъятия в нынешних условиях являются оптимальными.

На состоянии нерестилищ ценных промысловых видов рыб может негативно сказаться реализация мероприятий по реконструкции и восстановлению гидромелиоративных систем и связанное с ними изменение гидрологического режима прилегающих территорий. Поэтому при реализации запланированных в рамках Государственной программы гидромелиоративных мероприятий необходимо предусматривать сохранение существующих нерестилищ, а также восстановление наиболее важных бывших нерестилищ ценных видов рыб. В особенности это касается мелиоративных систем «Молодельчицы» и «Березцы» в пределах Пинского района, «Ракитное» – в Лунинецком, «Ятребель», «Баково» и «40 лет Октября» – в Столинском районе.

Ресурсы особо охраняемых природных территорий (ООПТ)

По состоянию на 01.01.2012 г. общая площадь ООПТ Припятского Полесья составила 291,9 тыс. га, или около 16 % территории, что в 2 раза выше среднего для Беларуси показателя. Система ООПТ региона включает национальный парк «Припятский» (83,6 тыс. га), 24 заказника республиканского и местного значения общей площадью 233,8 тыс. га и 30 памятников природы

общей площадью 0,57 тыс. гектаров, из них 7 памятников природы республиканского значения.

Расположение ООПТ. ООПТ расположены на территории Припятского Полесья неравномерно. Наибольшую площадь они занимают в Столинском районе (38,9 % территории), наименьшую – в Пинском и Петриковском районах (по 6,1 %). В Наровлянском районе ООПТ отсутствуют. В то же самое время около 40 % территории этого района входит в состав Полесского радиационно-экологического заповедника, который в соответствии с законодательством Республики Беларусь не относится к особо охраняемым природным территориям.

В пойме Припяти и на прилегающих территориях сосредоточена значительная часть природных территорий страны, которые в связи с их исключительной ценностью для сохранения биологического разнообразия включены в различные международные списки. В список водно-болотных угодий международного значения в соответствии с Рамсарской Конвенцией включены заказники «Средняя Припять» и «Простырь». Республиканскому ландшафтному заказнику «Простырь» впервые в Восточной Европе присвоен статус трансграничного (Беларусь–Украина) рамсарского угодья. Заказник «Ольманские болота» рассматривается в качестве перспективной рамсарской территории.

В список ключевых ботанических территорий (Important Plant Areas – IPA) включен Национальный парк «Припятский». Статус ключевых орнитологических территорий (Important Birds Areas – IBA), имеющих важное значение для сохранения птиц в соответствии с Директивой о сохранении диких птиц Европы, имеют заказники «Средняя Припять», «Простырь», «Ольманские болота», «Морочно», «Туровский луг». Однако не все IBA Припятского Полесья имеют национальный статус охраны. В их числе «Велута», «Пойма Львы», «Волхва», «Червоное», которые не являются заказниками.

В соответствии со Схемой рационального размещения особо охраняемых природных территорий республиканского значения до 1 января 2015 г., утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 29 декабря 2007 г. № 1919., на территории Припятского Полесья предусматривается объявление водно-болотных республиканских заказников «Морочно» и «Старый Жаден». Проектом региональной схемы рационального размещения особо охраняемых природных территорий по Гомельской области на территории Припятского Полесья предусматривается объявление заказников местного значения «Пойма Львы», «Волхва», «Петриков», «Червоное», расширение площади местного заказника «Лельчицы».

Однако при обосновании размещения заказников или их части на территории торфяных

месторождений необходимо учитывать ресурсную значимость месторождений для обеспечения потребности страны в торфяном сырье для нужд энергетики, сельского хозяйства и иных целей. Поэтому при реализации указанных схем необходим взвешенный подход к выбору направлений использования таких территорий с учетом экономической и экологической значимости ресурсов для развития региона и страны в целом.

Согласно действующему природоохранному законодательству в Беларуси предусматривается формирование Национальной экологической сети. По проекту региональной экологической сети Полесья на территории Припятского Полесья формируются два ядра международного значения: «Припятское» (на основе Национального парка «Припятский») и Полесское (на основе Полесского государственного радиационно-экологического заповедника); пять ядер регионального значения: «Борское», «Морочно», «Лунинское», «Простырь», «Червоное»; экологический коридор международного значения Припятский (на основе заказников «Средняя Припять» и «Простырь»); а также коридоры регионального значения Стырский, Горынь, Ясьельда, Птич, Случь, Бобрик, Ганцевичско-Старобинский.

Развитие экологического туризма. ООПТ Припятского Полесья обладают высоким природно-ресурсным потенциалом. В то же время здесь недостаточно развита рекреационная инфраструктура. Отдельные ее элементы имеются лишь на территории Национального парка «Припятский» и заказника «Средняя Припять». Кроме этого в систему туризма частично вовлечены природные ресурсы заказников «Ольманские болота», «Мозырские овраги», «Лунинский», «Стрельский», «Туровский луг». Остальные природные территории используется, в основном, для неорганизованного отдыха местного населения.

Государственной программой предусмотрено развитие туристической и рекреационной деятельности по следующим основным направлениям: организация агроусадеб, оборудование туристических маршрутов и экологических троп, оборудование мест кратковременного отдыха, строительство стационарных рекреационных учреждений (дома рыбака и охотника, туристические комплексы, базы отдыха и др.).

Эффективность использования ресурсов ООПТ может быть существенно повышена в случае включения существующих и новых агроусадеб в систему «зеленых маршрутов». Природные особенности Припятского Полесья создают исключительно благоприятные условия по развитию на его территории (по опыту стран Восточной и Центральной Европы) системы «зеленых маршрутов». Зеленые маршруты – greenways – многофункциональные маршруты для передвижения по ним с использованием немоторизированных транспортных средств, связанные с куль-

турно-историческим наследием, пролегающие вдоль рек, традиционных, исторических торговых путей и естественных природных коридоров.

Вызывает сомнения целесообразность предусмотренной Государственной программой организации туристических стоянок на территории ООПТ вблизи городов Туров, Петриков, Мозырь и Наровля. Как показывает зарубежный и отечественный опыт, использование наиболее привлекательных участков побережий для размещения туристических стоянок в 3–6 раз менее эффективно, чем размещение на этих участках стационарных рекреационных и туристических объектов (хостелы, приюты, туристические базы и др.). Стоянки создают также угрозу деградации природных экосистем.

Заключение

В использовании природно-ресурсного потенциала Припятского Полесья проявляется зависимость от его ландшафтного строения. Преобладание в ландшафтной структуре региона заболоченных низинных природных комплексов речных террас и пойм обусловило следующие особенности природопользования в его пределах:

- более низкую, чем в среднем по Беларуси, степень хозяйственного освоения территории с повышенной долей естественных лесных и болотных экосистем;
- более высокую долю особо охраняемых природных территорий, превышающую средний для страны показатель в 2 раза;
- более высокую степень осушительной мелиорации – на осушенные земли приходится свыше половины сельскохозяйственных угодий региона;
- более высокую долю луговых земель в структуре сельскохозяйственных угодий, отражающую благоприятные природно-ландшафтные предпосылки разведения здесь крупного рогатого скота.

Почвы сельскохозяйственных, в том числе пахотных земель Припятского Полесья отличаются сравнительно низким плодородием, из-за их повышенной кислотности и меньшего, чем в среднем по стране содержания подвижного калия. Почвы луговых земель, наоборот, более плодородные, что усиливает мотивацию разведения здесь крупного рогатого скота.

Продуктивность осущенных сельскохозяйственных земель региона понижена из-за подверженности части из них подтоплению и заболачиванию, что является следствием ненадлежащего технического состояния мелиоративных систем. Реконструкция последних позволит создать на базе этих земель зону устойчивого растениеводства с минимальной зависимостью от погодных условий.

Естественные луга поймы р. Припяти создают необходимую пастищную основу для разведения в регионе мясного скота. Их потенци-

альная пастбищная емкость составляет около 150 тыс. голов. Вместе с тем качество этих лугов снижается из-за их зарастания кустарником. Кроме этого пойма р. Припяти подвержена регулярным наводнениям, которые сокращают пастбищный период.

В Припятском Полесье, благодаря высокой лесистости, имеются большие запасы возможных для эксплуатации древесных ресурсов, составляющие около 18 млн м³ или восьмую часть от общего запаса древесины. Существуют резервы увеличения заготовок пищевых недревесных растений и грибов. Эти заготовки могут быть повышенны без ущерба для их естественного воспроизводства, соответственно, в 3 и 7 раз.

Высокая степень сохранности естественных лесных, болотных и водных экосистем обуславливает благоприятные предпосылки обитания в регионе охотничьих промысловых животных, включая копытных, водоплавающих птиц, а также рыб. Современная численность, а также добыча наиболее ценных промысловых видов

животных – копытных ниже оптимального уровня и в случае реализации запланированных биотехнических мероприятий может быть увеличена на 60 %, а при переводе охотничьего хозяйства на интенсивный путь развития – в 1,5–2,0 раза. Вылов рыбы из водоемов и водотоков региона следует сохранить на нынешнем уровне, который является оптимальным.

Использование ресурсов особо охраняемых природных территорий для экологического туризма является низким из-за недостаточно развитой инфраструктуры. Для его повышения следует разработать и внедрить в туристическое обслуживание систему «зеленых маршрутов».

Припятское Полесье, в силу своего географического положения, характеризуется самой высокой в Беларуси теплообеспеченностью вегетационного и продолжительностью безморозного периода. За период современного потепления климата произошло повышение биоклиматического потенциала местных земель, что улучшает условия их сельскохозяйственного использования.

Литература

1. Агроклиматические ресурсы Белорусской ССР / Под ред. М. А. Гольберга, В. И. Мельника. Минск, 1985.
2. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь. Минск, 2006.
3. Государственный земельный кадастр Республики Беларусь (по состоянию на 1 января 2011 года) / Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь. Минск, 2012.
4. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных угодий Беларуси. Методические указания. Минск, 2001.
5. Ландшафтная карта Белорусской ССР. Масштаб 1:600000. Главное управление Геодезии и картографии при Совете Министров СССР. М., 1984.
6. Ландшафтное планирование: инструменты и опыт применения / А. В. Антипов [и др.]. Иркутск, 2005.
7. Ларин, И. В. Луговодство и пастбищное хозяйство / И. В. Ларин. Л., 1964.
8. Логинов, В. Ф. Опасные метеорологические явления на территории Беларуси / В.Ф. Логинов, А. А. Волчек, И. Н. Шпока. Минск, 2010.
9. Мееровский, А. С. Агроклиматические проблемы Припятского Полесья / А. С. Мееровский [и др] // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця. Брэст, 2010. Вып. 3. Т. 2. С. 40–43.
10. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. I. Изменения климата. М., 2008.
11. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Том II. Последствия изменений климата. М., 2008.
12. Показатели кадастровой оценки земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств / Г. И. Кузнецова [и др.]. Минск, 2010.
13. Справочник «Агроклиматические ресурсы Республики Беларусь в условиях изменения климата» [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://pogoda.by/climat-directory/page=238>. Дата доступа : 25.02.2011.
14. Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюллетень, 2010 / Под ред. В. Ф. Логинова. Минск, 2011.

Институт природопользования НАН Беларуси,
Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси,
Институт мелиорации НАН Беларуси,
НПЦ НАН Беларуси по Биоресурсам

Поступила в редакцию 04.10.2012 г.

**В. С. Хомич, М. И. Струк, И. И. Лиштван, В. Ф. Логинов,
А. В. Пучило, Э. Н. Шкутов, Н. А. Юргенсон**

**ПРИРОДНО-РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО
РАЗВИТИЯ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ**

Выполнена оценка природно-ландшафтных условий и ресурсного потенциала Припятского Полесья. Опираясь на построенную ландшафтную карту региона М 1:200 000, определена его ландшафтная структура, показавшая, что 3/4 площади региона занимают относительно сложные для хозяйственного освоения заболоченные низинные ландшафты.

Определены запасы, состояние и современное использование земельных, агроклиматических и биологических ресурсов. Установлено, что регион обладает высоким для Беларуси потенциалом мелиорированных земель и агроклиматических ресурсов, а также благоприятными предпосылками для разведения крупного рогатого скота, благодаря наличию здесь больших площадей луговых угодий с плодородными почвами.

Выделены факторы, препятствующие рациональному использованию природно-ресурсного потенциала, связанные с развитием процессов подтопления осущенных сельскохозяйственных земель, зарастанием кустарником естественных лугов, сравнительно низким плодородием паштных угодий, пониженной плотностью охотничьих животных, недостаточной рекреационной инфраструктурой для развития экологического туризма на базе особо охраняемых природных территорий. Определены показатели допустимого использования биологических ресурсов, которые показывают возможность его увеличения.

**V. S. Khomich, M. I. Struk, I. I. Lishtvan, V. F. Loginov,
A. V. Puchilo, A. N. Shkutov, N. A. Yurgenson**

**NATURE-RESOURCE PROVISION OF SOCIAL-ECONOMIC
DEVELOPMENT OF THE PRIPYAT POLESYE**

The assessment of nature-landscape conditions and resource potential of the Pripyat Polesye has been done. Regarding the compiled landscape map of the region M 1:200 000 its landscape structure has been defined showing that ¾ of the region's area are occupied by rather complex for economy development mired low-land landscapes.

The reserves, state and modern use of land, agro-climatic and biological resources have been defined. It has been found that the region has a high for Belarus potential of ameliorated lands and agroclimatic resources and also favorable prerequisites for husbandry management thanks to availability of great areas of fertile meadow lands.

The factors are singled out which prevent rational use of nature-resource potential, related with the development of processes of light flooding of the dried agricultural lands, growing with bushes of natural meadows, comparatively low fertility of tillage lands, decreased density of hunt animals, insufficient recreational infrastructure for the development of ecological tourism on the basis of specially protected natural territories. The indexes of permissible use of biological resources which show the possibility of its use have been determined.

И. И. Лиштван, А. В. Высоченко, В. Э. Пахомчик, И. Л. Якимович

ГОСУДАРСТВЕННАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА «ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»: ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Государственная научно-техническая программа «Разработка и освоение инновационных технологий рационального использования природных ресурсов и повышения качества окружающей среды (ГНТП «Природные ресурсы и окружающая среда»), 2011–2015 годы» утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 1 февраля 2011 г. № 116. Основные задачи, которые предстоит решить в рамках программы: обеспечение рационального использования природных ресурсов; разработка новых ресурсосберегающих и малоотходных технологий использования и переработки природных и вторичных материальных ресурсов; разработка методов и технологий, обеспечивающих снижение антропогенного воздействия на окружающую среду; разработка мер по охране и реабилитации окружающей среды.

Программа содержит две подпрограммы, имеющие разных государственных заказчиков и соответственно разные головные организации. Подпрограмма 01 «Природные ресурсы и их комплексное использование» выполняется под эгидой Национальной академии наук Беларусь и имеет головную организацию-исполнителя Институт природопользования НАН Беларусь. Государственным заказчиком подпрограммы 02 «Обеспечение возрастающего устойчивого использования ресурсов биосфера и сохранения благоприятной окружающей среды» является Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и головной организацией-исполнителем – РУП БелНИЦ «Экология». Научный руководитель программы – академик И. И. Лиштван.

Формирование и выполнение работ по подпрограмме 01 осуществляется по следующим основным направлениям:

- разработка инновационных технологий биосферно-совместимого использования и переработки природных ресурсов;
- оценка современного состояния природно-ресурсного потенциала;
- разработка новых технологий и оборудования для снижения вредных выбросов и утилизации отходов;
- обеспечение эффективного использования и воспроизводства биоресурсов;
- разработка и использование информационных технологий улучшения архитектуры ландшафтов, реабилитация загрязненных территорий;
- разработка научно обоснованных рекомендаций по экологической оптимизации хозяйственной деятельности; применение информационных технологий в системе экологического образования;
- экономика природопользования.

Ниже характеризуется проблематика и приводятся основные результаты, полученные по заданиям программы за период с 2011 г. по 1-е полугодие 2012 г.

Значительная часть заданий программы выполняется специалистами Института природопользования НАН Беларусь. В первую очередь это задания, относящиеся к проблемам использования торфяных месторождений, в том числе выработанных, а также использования торфа и бурых углей как сырья для получения новых препаратов и композиционных материалов.

В Республике Беларусь общая площадь выработанных торфяных месторождений составляет около 260 тыс. га. Эти территории в современном состоянии являются зонами экологического неблагополучия и повышенной пожароопасности [2]. Между тем их природные ресурсы могут быть использованы, например, для посадок леса, создания экологических зон различных конструкций, в том числе с повторным заболачиванием территории, организации улучшенных сенокосов. Эффективное решение о целевом использовании площадей выработанных торфяных месторождений может быть принято на основе научного анализа природно-генетических особенностей, современного состояния конкретного месторождения, а также интересов и перспектив развития соответствующего административного района. В рамках программы такая работа выполнена под руководством академика Н. Н. Бамбалова для 16 административных районов Брестской и 10 районов Могилевской областей: разработаны, согласованы и переданы для практического использования в соответствующие райисполкомы рекомендации по использованию выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений. Так, установлено, что в Брестской области площадь выработанных торфяных месторождений, непригодных

для использования в сельском хозяйстве, составляет 3795,5 га. Эти территории признано целесообразным использовать в природоохранных целях, а 5747,9 га выработанных торфяных месторождений после проведения поверхностного или коренного улучшения рекомендовано использовать в качестве сенокосов. При этом экономический эффект от реализации мероприятий по улучшению сенокосов на всей площади оценивается в 2202–3421 млн руб. в год. В Могилевской области выявлено 798,1 га выработанных торфяных месторождений, рекомендованных для изменения вида землепользования с переводом из земель сельскохозяйственного назначения в земли природоохранного назначения. Для повышения продуктивности сенокосов на выработанных торфяных месторождениях признано целесообразным выполнение их коренного или поверхностного улучшения на площади 2811 га, при этом ожидаемый экономический эффект оценен в 1124,4–1405,5 млн руб. в год.

Распределение торфяного фонда республики по направлениям использования регламентируется Схемой рационального использования и охраны торфяных ресурсов Республики Беларусь, утвержденной в 1991 г. К настоящему времени назрела необходимость пересмотра данного документа как в связи с произошедшими в силу объективных причин изменениями распределения торфяных ресурсов, так и для обеспечения решения поставленной задачи по увеличению объемов добычи торфа для нужд теплоэнергетики и сельского хозяйства [4]. С этой целью выполнена оценка современного состояния и использования торфяного фонда Гродненской и частично Могилевской областей (руководитель работ кандидат технических наук Л. С. Лис). Установлено, что в Гродненской области осушено 68 % площади торфяного фонда, из них на земельный фонд приходится 61 % торфяных месторождений, в сельскохозяйственном использовании – около 40 %, в естественном состоянии – 7,3 %. В области работает четыре торфопредприятия с общим объемом добычи торфа 600 тыс. т, площадь выработанных торфяных месторождений – 28941 га, запасного фонда нет. На основании критериев распределения торфяных месторождений, доработанных и обоснованных с учетом современных задач эффективного использования природных ресурсов, предложено увеличить разрабатываемый торфяной фонд области на 25,6 %, а природоохранный – на 178 %. Аналогичные работы начаты в Могилевской области. Детальное обследование 14 районов показало реальные возможности увеличения разрабатываемого торфяного фонда на 1352 га и запасов на 2559 тыс. т, помимо оставшихся в этом фонде. Предлагаемые изменения в основном касаются Кировского и Кличевского

районов и не затрагивают Горецкий, Славгородский и Чериковский районы.

В нашей стране имеются значительные запасы неогеновых бурых углей, основными органическими компонентами которых являются гуминовые кислоты (до 80 % от общего содержания органических веществ), что позволяет использовать их не только в качестве источника энергии, но и как ценное сырье для химической переработки. Одним из направлений нетопливного использования бурых углей является производство на их основе биологически активных препаратов для сельского хозяйства. Под руководством доктора технических наук Г. В. Наумовой разработаны состав и технология производства регулятора роста растений «Бурогумин». Наработан опытный образец, выполнена оценка его физиологической эффективности на тест-культурах, исследованы физико-химические свойства, получена химическая характеристика его органических составляющих, проведены токсиколого-гигиенические испытания. Применение препарата в СПК «Щемыслица» Минского района, СПК им. Суворова Узденского района Минской области и в фермерском хозяйстве «Горизонт» Мостовского района Гродненской области в полевых опытах на яровой пшенице и картофеле показало, что по агрехимической эффективности «Бурогумин» находится на уровне или превосходит использованный в качестве эталона зарегистрированный препарат «Гидрогумат». Продолжаются полевые испытания эффективности разработанного препарата на других сельскохозяйственных культурах.

Одним из перспективных направлений в обеспечении экономики высококалорийными энергоносителями является использование смесевых топлив, получаемых в результате совместной термохимической переработки бурых углей, торфа и горючих углеводородсодержащих отходов [7]. Для проведения экспериментальной части работ по этому направлению выполнено усовершенствование экспериментальной пиролизной установки (руководитель работ академик И. И. Лиштван). Новая конструкция жарового канала пиролизера позволила поднимать температуру пиролиза до 900–1000 °С, что обеспечило возможность повышения степени деструкции сырья и получения газа с более высоким содержанием углеводородов. Проведенные испытания по пиролизу бинарных смесей бурого угля и торфа показали, что теплота сгорания пиролизного газа, полученного при переработке композиционного смесевого топлива, находится в пределах 5000 – 7200 ккал/нм³. Если калорийность торфа составляет около 3 000 ккал/кг, то при соотношении торфа и углеводородсодержащих отходов 80:20 калорийность смесевого топлива возрастает до 4 500 ккал/кг. Такое топливо имеет неоспоримые преимущества как вследствие повышения

теплотворной способности из-за введения высококалорийных углеводородсодержащих отходов, так и вследствие снижения себестоимости полученного топлива на 20–30 %. Подготовлены паспорта качества смесевых топлив. Разработан технологический регламент (лабораторный) на процесс газификации бинарных смесей торфа и углеводородсодержащих отходов в газогенераторе с применением воздушного дутья.

Для очистки сточных вод и снижения поступления тяжелых металлов в окружающую среду в рамках программы создан сорбент буроугольный ионов тяжелых металлов, применение которого исключает вторичное загрязнение очищаемых вод низкомолекулярными гуминовыми соединениями (руководитель работ кандидат технических наук Ю. Г. Янuta). Подготовлен проект технологического регламента на производство сорбента, выполнена модернизация оборудования для его получения, наработана опытная партия и проведены ее испытания, в ходе которых определены: массовая доля сухого вещества, зольность, кислотность активная, емкость обмена. Результаты исследований показали, что произведенный сорбент по своим характеристикам соответствует ТУ 100289079.034-2012. Кроме того, установлено, что неогеновый бурый уголь может применяться для получения качественных буровых растворов.

Одной из сложных и многоплановых проблем охраны окружающей среды является загрязнение природной среды нефтью и продуктами ее переработки. На территории республики имеется значительное количество потенциально опасных объектов, использующих нефть и нефтепродукты, к которым относятся нефтедобывающие и нефтеперерабатывающие предприятия, нефте- и нефтепродуктопроводы, автотракторные и машиностроительные предприятия, резервуарные топливные парки, автомобильный и железнодорожный транспорт, автозаправки. При выполнении под руководством кандидата технических наук А. Э. Томсона одного из заданий программы показано, что для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, а также последующей рекультивации нефтезагрязненных территорий могут быть использованы различные сорбционные материалы, в том числе на основе торфа. На основании скрининга микроорганизмов-деструкторов углеводородов нефти в лабораторной коллекции культур-деструкторов ксенобиотиков осуществлен подбор оптимального соотношения наиболее подходящего для иммобилизации нефти и нефтепродуктов вида торфа и микроорганизмов-деструкторов нефти. Разработан состав композиционного материала для рекультивации нефтезагрязненных земель. Подготовлен проект временного технологического регламента на производство опытных партий композиционного материала, наработана его опытная

партия. На экспериментальной базе «Свислочь» заложен полевой мелкоделячный опыт с имитированием модельных уровней поверхностного нефтяного загрязнения почвы. В 1-й год исследований степень деградации нефти в варианте опыта с применением разработанного композиционного материала составила 67,6 %, что более чем в 2 раза выше, чем на контроле. К началу 2-го вегетационного периода степень деградации нефти в варианте опыта с применением композиционного материала в сочетании с микроорганизмами-деструкторами нефти была уже 85 %, что на 31,6 % выше, чем в фоновой нефтезагрязненной почве. Анализ распределения нефти по почвенному профилю показал, что в естественных условиях под воздействием атмосферных осадков нефть проникает на глубину свыше 20 см. Применение композиционного материала на основе торфа препятствует миграции нефти в нижние почвенные горизонты. Опытным путем установлено, что ее основная масса (около 90 %) задерживается композиционным материалом в поверхностном (0–5 см) слое почвы, и уже в почвенном слое 10–15 см нефть не обнаруживается.

К числу важнейших задач, определенных Основными направлениями политики в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2025 г., отнесено обеспечение улучшения качества атмосферного воздуха путем сокращения выбросов от стационарных и передвижных источников [6, 8]. Среди загрязнителей атмосферного воздуха особое место принадлежит оксидам азота. Так, в 2010 г. в некоторых районах Могилева, Новополоцка и Полоцка фиксировались уровни загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота со среднесуточными концентрациями выше ПДК в течение до 30 дней. В соответствии с требованиями Женевской конвенции для разработки эффективных методов регулирования объемов выбросов оксидов азота используется методология интегрального моделирования. На основании анализа и обработки данных разработан прогноз выбросов оксидов азота на территории республики до 2030 г. (руководитель работ доктор технических наук С. В. Какарека). Первым шагом в реализации поставленной задачи явился сбор информации и формирование базы данных по источникам выбросов оксидов азота в Республике Беларусь. Выполнен анализ оценок выбросов оксидов азота от передвижных источников, получаемых различными методами. Проведен сбор и анализ информации для базы данных технологий снижения выбросов оксидов азота для основных секторов экономики, изучены технологии снижения выбросов оксидов азота от стационарного сжигания топлива, проанализирована методология оценки затрат на снижение выбросов оксидов азота в модели GAINS. Кроме того, выполнены исследования, направленные на совершенство-

вание методологии оценки выбросов тяжелых металлов от цементного производства, результаты которых переданы в Минприроды для представления в Программу ЕМЕП в качестве национального вклада Республики Беларусь.

Для контроля качества окружающей среды и разработки предложений по минимизации техногенного воздействия отдельных промышленных объектов, в частности Лидского завода горячего цинкования, выполняются работы по мониторингу содержания тяжелых металлов в компонентах природной среды санитарно-защитной зоны предприятия и за ее пределами с составлением прогнозных сценариев распространения тяжелых металлов в почвенном покрове (руководитель работ доктор технических наук Г. П. Бровка). Обследования экологического состояния территории вокруг завода проводились как на стадии строительства, так и после ввода завода в эксплуатацию. По результатам исследований, проведенных до пуска завода, установлено, что валовое содержание Cu, Zn в почве находится в пределах фоновых значений, а по содержанию Cd отмечено их превышение до 1,5 раз. Причем высокие концентрации Cd были приурочены к местам зимнего складирования снега, вывозимого с городских улиц. В поверхностных водах и шахтных колодцах установлено превышение ПДК по кадмию (в 1,2–6,1 раза), натрию (в 3,9), нитратам (в 3,3–7,0) и хлоридам (в 2,5 раза); цинк и медь содержатся в концентрациях, не превышающих ПДК. В связи с этим администрации г. Лиды было рекомендовано решить проблему обеспечения местных жителей питьевой водой, соответствующей санитарным нормам, путем строительства водопровода. Сформирована база данных по источникам загрязнения окружающей среды, концентрациям и формам нахождения тяжелых металлов в почве, подстилающих грунтах, поверхностных и грунтовых водах. По объекту исследования создана компьютерная модель поступления и миграции загрязняющих веществ в зоне влияния завода горячего цинкования, учитывающая рельеф местности, климатические и гидрологические факторы, характеристики теплоподвижности почв и грунтов. В ходе исследований установлено, что мелиоранты на основе доломитовой муки, фрезерный торф и жидкое органо-минеральное удобрение на основе гуматов аммония и хлористого калия способствуют увеличению коэффициента распределения цинка и тем самым уменьшают его конвективную и диффузионную подвижности в почве.

С учетом важности задач обеспечения безопасного использования загрязненных земель в качестве приоритетных направлений государственной политики в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов в Республике Беларусь определены выявление загрязненных земель и ис-

точников их загрязнения, а также разработка и реализация мер по борьбе с их деградацией и загрязнением [9]. Для реализации этих задач под руководством доктора географических наук В. С. Хомича собрана и проанализирована информация о наличии загрязненных земель на территории Республики Беларусь. Выполнена систематизация загрязненных земель по характеру, уровню загрязнения и степени экологического риска для населения и природной среды. Разработаны показатели и критерии ранжирования загрязненных земель по приоритетности действий, обеспечивающих их безопасное использование. Разработан проект рекомендаций по выявлению, оценке и учету загрязненных земель. Проведен анализ литературных источников и информационных материалов по использованию и очистке загрязненных территорий, выполнен анализ нормативно-методической базы по обращению с загрязненными землями в зарубежных странах. Подготовлена аналитическая записка «Анализ международного опыта использования и очистки загрязненных территорий».

В целях сокращения объемов складируемых отходов крупных животноводческих комплексов, снижения антропогенной нагрузки на прилегающие территории, а также повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур в Полесском аграрно-экологическом институте разработана опытная технология производства биоудобрений (жидких, сухих, гранулированных) из обезвоженной сброшенной массы биогазового энергетического комплекса (руководитель работ В. А. Сатишур). Произведена опытная партия сухих и гранулированных биоудобрений (1 т), определен их агрохимический состав, выполнены токсикологическая и санитарно-гигиеническая оценки. Подготовлен проект ТУ на удобрения органо-минеральные «Биоудобрения». Полевые опыты по исследованию эффективности биоудобрений при выращивании сельскохозяйственных культур дали положительный эффект в опыте с кукурузой, определена оптимальная норма внесения. Продолжаются полевые опыты на опытном стационаре с посевами ярового ячменя, заложен новый полевой опыт с внесением сухих и гранулированных биоудобрений в звене севооборота кукуруза – яровой ячмень – сахарная свекла.

Часть заданий программы посвящена решению проблем биологического разнообразия, в частности: обеспечению охраны и реинтродукции речных раков на территории Республики Беларусь, использованию гадюки обыкновенной для получения змеиного яда, реабилитации и охране пойменных нерестилищ основных притоков р. Припять, а также разработке мер по минимизации негативного влияния автомобильных дорог и ЛЭП на модельные группы животных [1]. Эти работы проводятся учеными ГНПО «НПЦ НАН Бе-

ларуси по биоресурсам». Так, под руководством кандидата биологических наук А. В. Алексновича выполнена оценка плотности и общей численности раков в ракопродуктивных озерах Беларуси. Проанализировано распространение в Брестской области охраняемого широкопалого рака. Отмечено его практически полное исчезновение и предложено начать работы по увеличению численности этого исчезающего вида. Потенциальные промысловые запасы раков в Могилевской области оценены в 14 млрд руб. Разработаны рекомендации по мерам охраны и реинтродукции широкопалого рака. При содействии Могилевского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды начато их практическое внедрение.

Оценка распространения и численности популяций гадюки обыкновенной, выполненная под руководством кандидата биологических наук С. М. Дребенкова, показала, что в республике имеются реальные возможности для организации промышленного производства змеиного яда с последующим его использованием в качестве сырья в химико-фармацевтическом производстве. Составлены картосхемы размещения участков с высокой численностью гадюки обыкновенной (змеиных очагов), перспективных для организации и ведения ее промысла. Это в первую очередь крупные лесоболотные массивы Брестской, Минской и Витебской областей. Разработаны и переданы серпентарию при заказнике «Выгонощанско» рекомендации по использованию гадюки обыкновенной для получения змеиного яда. Получение отечественного змеиного яда позволит не только удовлетворить внутренние потребности страны в этом сырье, но и экспортить значительную часть.

При выполнении работ под руководством кандидата биологических наук М. В. Плюты установлено, что к настоящему времени в реках и естественных водоемах Белорусского Полесья вследствие интенсивного воздействия естественных и антропогенных факторов произошло нарушение условий естественного воспроизводства и трансформация типичных мест обитания рыб. Широкомасштабная мелиорация земель в значительной мере затронула поймы большинства основных притоков р. Припять, за исключением пойм ее крупных притоков – рек Горынь и Случь. Одамбирование и спрямление русел на части водотоков привели к утрате значения больших участков их поймы как нерестилищ и мест нагула молоди. Спрямление и углубление русел рек вызвали не только изменение скорости течения и глубины, но также и изоляцию пойменных водоемов. В результате многие пойменные нерестилища оказались недоступными для нереста, что послужило одной из причин сокращения численности многих видов рыб, а также снижения рыбопродуктивности водотоков. Пока-

зано, что при этом на всех обследованных нерестилищах кислородный режим в течение всего года достаточно благоприятен (за исключением лет с сильными дождевыми паводками). Однако поступление с залитых площадей органических загрязнителей, в том числе стойких, может вызывать дефицит кислорода и, как следствие, заморные явления. По содержанию нитритов, нитратов и аммонийного азота вода на нерестилищах оценивается от «очень чистой» до «умеренно загрязненной». В целом водная масса на нерестилищах пригодна для рыбохозяйственной деятельности, а экологическая обстановка на исследованных водотоках достаточно благополучная. Анализ потенциала нерестилищ р. Припять и ее основных притоков в Брестской области показал, что по основным трофическим компонентам их можно отнести к среднекормным и высококормным водоемам. При этом, к сожалению, имеет место недоиспользование рыбных ресурсов региона в промысле. Выполнение работ по улучшению качественного состава рыбного населения и реабилитации естественных нерестилищ ценных в промысловом отношении аборигенных видов рыб может существенно повысить значимость основных притоков р. Припять как в рыбопромысловом, так и в рекреационном плане.

Общеизвестно, что автодороги являются изолирующим фактором и потенциально опасными объектами для наземных животных, что обуславливает необходимость разработки специальных мероприятий и конструктивных решений для минимизации ущерба животному миру и организации их прохода под/над дорогами [3]. Подобная проблема наблюдается в местах размещения воздушных линий электропередач, где происходит массовая гибель птиц, особенно в периоды сезонных перелетов. Для ее решения выполнен сбор и анализ информации о характере, механизмах и фактах воздействия дорожного комплекса и сети ЛЭП на модельные группы животных (земноводных и копытных) и диких птиц (руководитель работ Р. В. Новицкий). Начато формирование баз данных как информационной основы для разработки способов минимизации негативного воздействия автодорог и линий электропередач на животный мир. В результате проведения полевых исследований в апреле – июне 2012 г. установлена гибель на ЛЭП птиц, относящихся к 10 видам (родам): лебедя, кряквы, белого аиста, чибиса, вяхиря, серой вороны, сороки, скворца, дрозда-рябинника, овсянки. При выполнении полевых исследований по поиску участков автодорог, отличающихся высокой гибелью животных, обнаружено более 500 миграционных коридоров. Установлено, что текущая смертность животных на наиболее крупных трассах достигает 50–60 %, на отдельных участках – 100 %. За последние 10 лет на территории Го-

мельской и Могилевской областей официально зарегистрировано около 500 случаев ДТП с участием копытных. В результате сотрудничества с проектными и дорожно-строительными организациями выполнено обустройство отдельных проблемных участков автодорог устройствами (переходами под и над дорогами), обеспечивающими безопасный проход земноводных и копытных.

В связи с увеличением площадей городских зеленых зон отмечается рост потребностей в посадочном материале декоративных древесно-кустарниковых растений. Но так как сеянцы и саженцы имеют повышенную восприимчивость к болезням различного происхождения, а применение пестицидов в городских зеленых насаждениях строго ограничивается, стоит задача создания в питомниках таких условий, которые будут гарантировать выращивание здорового, normally развитого, без механических и иных повреждений посадочного материала на основе применения современных технологий и полифункциональных физиологически активных веществ нового поколения, обладающих свойствами регуляторов роста и индукторов устойчивости растений. По результатам мониторинга фитосанитарного состояния древесно-кустарниковых растений, выращиваемых в декоративных питомниках республики, работниками Центрального ботанического сада под руководством кандидата сельскохозяйственных наук В. А. Тимофеевой проведен анализ распространенности и вредносности выявленных видов возбудителей болезней и вредителей. Определены наиболее широко распространенные и вредоносные патогены и фитофаги древесно-кустарниковых растений. Установлено, что для саженцев наиболее вредоносными являются грибные патогены, поражающие стволы и ветви. Болезни листьев не так опасны, но в неблагоприятные годы могут весьма отрицательно влиять на рост и развитие растений. Наиболее восприимчивы к болезням сеянцы, которые весьма подвержены заражению патогенными грибами. В декоративном питомнике «Бровки» УП «Минскзеленстрой» заложены регистрационные опыты для испытания биологической эффективности 11 фунгицидов и 8 различных препаратов ростстимулирующего действия.

В настоящее время в мировом сообществе в качестве первоочередной задачи провозглашено создание и развитие «зеленой» экономики, а в ее составе – «зеленого» земледелия. В рамках ГНТП «Природные ресурсы и окружающая среда» под руководством доктора сельскохозяйственных наук К. И. Довбана выполняются работы этого профиля [5]. На экспериментальной базе «Жодино» на площади 12,5 га заложен полевой опыт по изучению экологических систем земле-

делия с подсевом различных сидератов и применением ЭМ-технологий (ЭМ – эффективные микроорганизмы). Разработан проект технологического регламента на выполнение работ по получению экологически чистой растениеводческой продукции с применением сидератов и биологических средств защиты растений. В основу разработанного метода ведения биологического земледелия положено обеспечение более полного использования местных почвенно-климатических условий за счет выращивания на пахотных угодьях культурной растительности в ранневесенний и летне-осенний периоды года. Таким способом за счет подсева промежуточных культур (подсевых, пожнивных, озимых) продолжительность периода вегетации сельскохозяйственных культур увеличивается на 50 %. Применение ЭМ-технологий стимулирует развитие полезной микрофлоры, способствующей оздоровлению почвы и повышению ее плодородия.

Выполнение работ по заданиям программы направлено на получение, главным образом, социально-экологического эффекта, который выражается в достижении снижения негативного воздействия хозяйственной деятельности человека на окружающую среду на основе разработки и внедрения экологосовместимых технологий, обеспечении рационального использования природных ресурсов, сохранении и устойчивом развитии биологического разнообразия, распространении эффективных методов регулирования качества окружающей среды в связи с ее влиянием на здоровье человека.

В ближайшие 2013–2015 гг., наряду с завершением уже начатых работ, предполагается уделить внимание вопросам разработки технологий переработки и использования отходов различных производств, в том числе:

- солодовенного и сахарного производства с получением биологически активной кормовой добавки;
- крахмальных предприятий с использованием отходов в качестве азотсодержащего удобрения для агропромышленного комплекса республики;
- водоподготовки на теплоэлектроцентралях для использования в качестве компонентов строительных материалов;
- производства калийных удобрений для получения гидроизолирующих и экранирующих материалов на основе глинисто-солевых шламов;
- зольных остатков бурых углей для извлечения редких элементов, соединений алюминия и кремния с последующим использованием твердого остатка в производстве строительных материалов.

Литература

1. **Алехнович, А. В.** Современное распространение полосатого рака *Orconectes limosus* в Беларуси и особенности его жизненного цикла / А. В. Алехнович // Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук. 2009. № 4. С. 102–110.
2. **Бамбалов, Н. Н.** Оценка воздействия выработанных торфяных месторождений на окружающую среду / Н. Н. Бамбалов [и др.]. // Природопользование. Минск, 2009. Вып. 15. С. 108–115.
3. **Востоков, Е. К.** Дороги и животные / Е. К. Востоков, Р. В. Новицкий // Лесное и охотничье хозяйство. 2010. Вып.9. С. 20–25.
4. **Гаврильчик, А. П.** О функции элементов торфяных месторождений в природе / А. П. Гаврильчик [и др.]. // Природопользование. Минск, 2008. Вып.14. С. 158–160.
5. **Довбан, К. И.** Зеленое удобрение в современном земледелии: вопросы теории и практики / К. И. Довбан. Минск, 2009.
6. **Какарека, С. В.** Трансграничное загрязнение атмосферного воздуха и его регулирование / С. В. Какарека. Минск, 2009.
7. **Лиштван, И. И.** Пиролиз бурых углей Бриневского месторождения Республики Беларусь / И. И. Лиштван [и др.] // Химия твердого топлива. 2009. № 3. С. 20–25.
8. Прогноз изменения окружающей природной среды на 2010–2020 гг. / Под ред. В. Ф. Логинова. Минск, 2004.
9. **Хомич, В. С.** Пространственный анализ загрязнения природной среды городов / В. С. Хомич [и др.] // География и природные ресурсы. 2004. № 3. С.42–49.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 24.09.2012 г.

I. I. Лиштван, A. V. Высоченко, V. E. Пахомчик, I. L. Якимович

ГОСУДАРСТВЕННАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА «ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»: ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Приводятся общие сведения о ГНТП «Природные ресурсы и окружающая среда»: государственных заказчиках, головных организациях-исполнителях, структуре, решаемых задачах, основных результатах, полученных за период с 2011 г. по 1-е полугодие 2012 г., а также о планируемом развитии программы в 2013–2015 гг.

К числу основных результатов выполнения работ по программе относятся рекомендации об использовании выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений 16 административных районов Брестской и 10 районов Могилевской областей, оценка современного состояния и использования торфяного фонда Гродненской и частично Могилевской областей, технология производства регулятора роста растений «Бурогумин», технологический регламент (лабораторный) на процесс газификации бинарных смесей торфа и углеводородсодержащих отходов с применением воздушного дутья, проект технологического регламента на производство сорбента бороугольного ионов тяжелых металлов, опытная технология производства биоудобрений из обезвоженной сброшенной массы биогазового энергетического комплекса, состав композиционного материала для рекультивации нефтезагрязненных земель, рекомендации по мерам охраны и реинтродукции широкопалого рака, рекомендации по использованию гадюки обыкновенной для получения змеиного яда, проект технологического регламента работ по получению экологически чистой растениеводческой продукции.

I. I. Lishtvan, A. V. Vysochenko, V. E. Pakhomchik, I. L. Yakimovich

THE STATE SCIENTIFIC AND TECHNICAL PROGRAM «NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT»: FIRST RESULTS

The general data on the state scientific and technical program «Natural resources and environment» are given: the state customers, the head institutions-executors, the structure, solved problems, the basic results received from 2011 for 1 half-year of 2012, and also about planned development of the program in 2013–2015.

Recommendations concern a number of basic results of performance of works under the program about peat deposits use of 16 administrative areas of the Brest and 10 areas of Mogilyov areas which have left commercial operation, an estimation of modern condition and use of peat fund of Grodno and partially Mogilyov areas, the «know-how» of «Burogumin» plants growth regulator production, a schedule (laboratory) on the process of gasification of binary mixes of peat and carbohydrate-containing waste with application of air blasting, the production schedules project on brown-cola sorbent of heavy metal ions manufacture, the skilled «know-how» of bio-fertilizers from dehydrated fermented weights of biogas power complex, the structure of composite material for re-cultivation of petrol-polluted soils, the recommendation on measures of the protection and reintroduction of wide-finger cancer, recommendations on the use of a viper ordinary to get a snake poison, the project of the production schedules of works on the production of ecology-clean plants products.

III. ГЕОЛОГИЯ. ГИДРОГЕОЛОГИЯ

УДК 55:001.8(476)

Р. Е. Айзберг, Р. Г. Гарецкий, А. К. Карабанов, Г. И. Каратаев,
А. В. Матвеев, Л. А. Нечипоренко, Т. Б. Рылова, И. Е. Савченко

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ГЕОДИНАМИКИ И ПАЛЕОГЕОГРАФИИ В ИНСТИТУТЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НАН БЕЛАРУСИ

Представлены основные результаты исследований, выполненных в 2010–2012 гг. лабораторией геодинамики и палеогеографии Института природопользования НАН Беларусь, созданной в феврале 2008 г. Исследования лаборатории в основном велись в рамках государственной программы ориентированных фундаментальных исследований «Геохимия и геодинамика земной коры Беларусь как основа минерагенических прогнозов и рационального использования недр» (ГПОФИ «Недра Беларусь»), а начиная с 2011 г. – государственной программы научных исследований «Научные основы комплексного использования, сохранения и воспроизводства природно-ресурсного потенциала и повышения качества окружающей среды» (ГПНИ «Природно-ресурсный потенциал»).

Основные научные проблемы, на решение которых направлены усилия исследователей в 2010–2012 гг. связаны с обоснованием выделения новых тектонических элементов в пределах запада Восточно-Европейской платформы, выявлением геодинамических особенностей формирования Припятского прогиба, новейшей геодинамикой разрывных нарушений, проявлявших активность в четвертичное время, реконструкцией палеогеографических условий эволюции растительности в плейстоцене.

Новые тектонические элементы запада Восточно-Европейской платформы

На основании комплексного анализа геологических и геофизических данных в структуре Восточно-Европейской платформы выделен новый крупный тектонический элемент субширотного простирания – Полоцко-Курземский пояс разломов (рис. 1). Этот тектонический пояс рассматривается как структура растяжения, сформировавшаяся одновременно со всей системой рифейских рифтовых структур Восточно-Европейского кратона. Западным продолжением Полоцко-Курземского пояса разломов является Готландский пояс северо-западного простирания. Участок их сочленения имеет вид изгиба простираций в плане и выделен под названием Клайпедская тектоническая сигмоида. На востоке Полоцко-Курземский пояс разломов сочленяется с системой грабенов субширотной Московско-Гжатской и Валдайско-Тверской ветвей палеорифтовой системы, образуя тектоно-геодинамический узел, названный Слободским [4].

Особенности геологического строения Полоцко-Курземского пояса разломов, схожесть с Припятско-Брестской зоной разломов и Южно-Украинской мегазоной, материалы выявленных месторождений полезных ископаемых свиде-

тельствуют о перспективах этого региона на различные виды полезных ископаемых: нефть, алмазы, цветные и черные металлы, редкие и, возможно, редкоземельные элементы.

Выделенный в процессе исследований Слободский тектоно-геодинамический узел является оригинальной тектонической структурой Восточно-Европейской платформы. Но он чрезвычайно слабо изучен геологическими и геофизическими методами. Поэтому дальнейшее развитие данной темы мы видим в постановке совместно с российскими геологами и геофизиками исследований по изучению тектоники этого тектоно-геодинамического узла. Следует заметить, что выделение в центре ВЕП Слободского тектоно-геодинамического узла открывает новые перспективы минерагенического потенциала этого района. Так, например, существует представление [12] о том, что в процессе затягивания горных пород на глубинные уровни переплавления докембрийских водонасыщенных карбонатно-силикатных осадков могут возникать алмазоносные магмы. Это значит, что в изложенной концепции природы Слободского тектоно-геодинамического узла на его территории вполне можно ожидать распространение кимберлитовых, лампроитовых, карбонатитовых и щелочно-ультраосновных алмазоносных пород.

Сложное тектоническое сочленение Полоцко-Курземского пояса разломов с Готландским тектоническим поясом – является ли последний продолжением Полоцко-Курземского пояса разломов или это два независимых тектонических элемента – важнейшая тектоническая задача, решение которой предлагается выполнить совместно с литовскими и шведскими геологами и геофизиками.

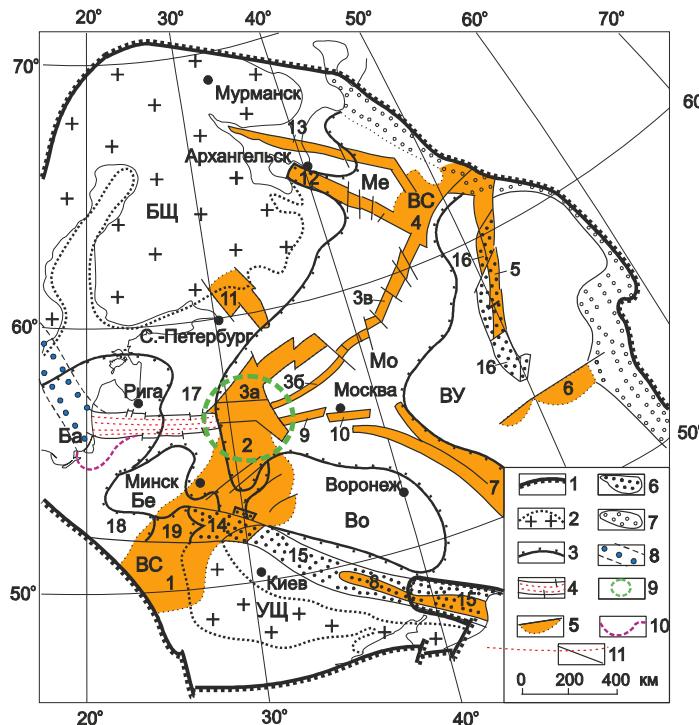


Рис. 1. Тектоническое положение Готландского, Погоцко-Курземского и Слободского тектонических поясов в структуре Восточно-Европейской платформы:

1 – границы платформы; 2 – щиты (БЦ – Балтийский, УЩ – Украинский); 3 – границы антеклиз и синеклиз (антеклизы: Бе – Белорусская, Во – Воронежская, ВУ – Волго-Уральская; синеклизы: Ба – Балтийская, Мо – Московская, Ме – Мезенская); 4 – Погоцко-Курземский пояс разломов; Системы палеорифтов по М. А. Нагорному с некоторыми изменениями (Гарецкий и др., 2004); 5 – ранних (ВС – Волыно-Среднерусская система прогибов: 1 – Волынский, 2 – Оршанский палеопрогибы; Среднерусский авлакоген: За – Валдайская, 3б – Тверская, 3в – Сухонская ветви; 4 – Яренская впадина. Авлакогены: 5 – Кажимский (Вятский), 6 – Серноводско-Абдулинский, 7 – Пачелмский, 8 – Днепровско-Донецкий. Грабены: 9 – Гжатский, 10 – Московский, 11 – Ладожский, 12 – Двинский, 13 – Лешуконский); 6 – поздних (14 – Припятский, 15 – Днепровско-Донецкий, 16 – Вятский прогибы); 7 – зоны перикратонных опусканий, синхронных в развитии с ранними палеорифтами; 8 – Готландский пояс; 9 – контур Слободского поздне-тектоно-геодинамического узла; 10 – условная южная граница Клайпедской сигмоиды; 11 – разломы. Номера 17–19 – тектонические структуры: 17 – Латвийская седловина, 18 – Подляско-Брестская впадина, 19 – Полесская седловина

Если взглянуть на схему тектонического положения Погоцко-Курземского и Готландского поясов (см. рис. 1), то мы видим, что через Слободский тектоно-геодинамический узел эти пояса имеют продолжение в восточном направлении по Тверской и Сухонской ветвям Среднерусского авлакогена вплоть до Яренской впадины, образуя тем самым некий трансплатформенный позднепротерозойский тектонический пояс. Другой вариант позднепротерозойского трансплатформенного раскола литосферы – по линии Готландский пояс-Погоцко-Курземский пояс-Пачелмский авлакоген. При этом пространственно Слободский тектоно-геодинамический узел является зоной пересечения этих суперрегиональных поясов с Волыно-Оршанско-Валдайской системой авлакогенов и, следовательно, природа Слободского узла так или иначе связана с фор-

мированием всех этих пересекающихся систем авлакогенов. Разумеется, эти предположения требуют постановки соответствующих научно-исследовательских работ совместно с российскими специалистами.

Показанные перспективы Погоцко-Курземского пояса разломов и Слободского тектоно-геодинамического узла на полезные ископаемые дают основания предложить выполнить на белорусской его части геологоразведочные работы: произвести геологическую, аэромагнитную и гравиметрическую съемку крупного масштаба, опорное бурение, провести в районе Погоцка и Браслава региональные сейсмические работы методом ОГТ в субмеридиональном направлении, выполнить детальные геофизические и геохимические поисково-оценочные работы, вклю-

чая бурение заверочных скважин на Брасловском поле магнитных аномалий трубочного типа и др.

И, наконец, несколько слов о влиянии Полоцко-Курземского пояса разломов на геэкологическую обстановку. С целью выяснения влияния глубинных эксгацияй и вертикальной миграции элементов на геэкологическую обстановку, с одной стороны, и разработки в дальнейшем новых методов поисков полезных ископаемых, в частности, методических – с другой, было изучено распределение суммы тяжелых металлов в четвертичных, в том числе покровных, отложениях Беларуси. Изучались элементы Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi (B. E. Бордон). Выявлено на территории Беларуси несколько зон с аномальным накоплением суммы тяжелых металлов. В их число входит и северная зона, сформированная под влиянием глубинных эксгаций в Полоцко-Курземском поясе разломов. Здесь наблюдаются максимумы накопления суммы тяжелых металлов – свыше 90 г/т. Аналогичная ситуация наблюдается на крайнем юге Беларуси в зоне, находящейся под влиянием глубинного разлома, ограничивающего с юга Припятский прогиб.

Очевидно, что тяжелые металлы и ряд других микроэлементов, накапливающихся в процессе их вертикальной миграции в верхних частях разреза, главным образом, в покровных отложениях, не могут не влиять на экологическую обстановку региона. Тем более, если уровень их накопления достаточно велик и если территориально площадь их распространения совпадает с участками техногенного прессинга. Вероятно, эта проблема требует постановки специальных работ.

Следует иметь в виду, что Игналинская АЭС расположена в зоне активного влияния Дисненского глубинного разлома, входящего в состав Неманско-Полоцкого южного краевого разлома Полоцко-Курземского пояса разломов, и Докшицкого глубинного разлома северо-западного простирания [19, 20]. При строительстве предполагаемых новых АЭС (Островецкой, Калининградской) следует очень внимательно рассмотреть их расположение относительно зон разломов, особенно тех, которые активизированы на неотектоническом этапе.

Проблемы герцинской геодинамики Припятского палеорифтового прогиба

Герцинский Припятский прогиб характерен типологическими чертами рифтовых структур. К ним относятся блоковое строение поверхности фундамента и подсолевых комплексов платформенного чехла, большая мощность (до 5 км) синрифтовых отложений и высокая расчетная скорость их накопления, развитие высокоамплитудных (от сотен до первых тысяч метров) разломов сбросового и сдвигово-сбросового типов. Наклон

краевых и внутренних ступенеобразующих сбросов в сторону продольной оси прогиба характерен для палеорифтовых структур, сформированных в области регионального растяжения. Тектоническая активность и контрастность вертикальных движений в Припятской зоне обусловили накопление наиболее полного формационного (литодинамического) ряда в западной части Восточно-Европейской платформы. Пред-, син- и пострифтовая стадии развития (соответственно, эйфель – средний фран, поздний фран – средний карбон, поздний карбон – средний триас) отразились образованием специфического набора формаций с существенно различающимися мощностями. Многофакторная модель рифтогенеза характеризует последовательное или квазисинхронное сочетание различных геологических процессов в платформенном чехле и консолидированной коре Припятского прогиба и сопредельных регионах, которые (процессы) обусловили рифтовое развитие рассматриваемой структуры – западного звена Припятско-Донецкого авлакогена [1, 2].

Главным фактором рифтообразования в Припятском прогибе являлось преимущественно одностороннее растяжение земной коры, горизонтальные (линейные и вращательные) и вертикальные движения крупных блоков земной коры как в пределах самого прогиба, так и на сопредельных территориях. Процессы рифтогенеза определялись горизонтальными напряжениями вдоль Сарматско-Туранского линеамента и со стороны мобильных краевых зон юго-запада Восточно-Европейской платформы и сопредельного Брагинского выступа, формированием синрифтового срыва (детачмента) и особенностями геотермической эволюции земной коры.

Применительно к Припятскому прогибу предложена и обоснована модель преимущественно пассивного рифтогенеза, связанного с механизмом формирования пологой субгоризонтальной зоны внутри-, а затем сквозькорового срыва растяжения (детачмента) под влиянием в основном односторонних тангенциальных растягивающих напряжений. В основу этих выводов положены данные глубинного строения зоны рифтогенеза; эволюции структуры чехла и поверхности фундамента на пред- и синрифтовой стадиях развития; динамики становления границ Припятского прогиба и одноименного грабена; особенностей развития краевых разломов и формирования плечевых поднятий; анализа многочисленных признаков диссимметрии строения; сопоставления с однотипными палео- и современными рифтовыми зонами, а также данными моделирования структур растяжения по литературным источникам.

Динамика развития, начало и завершение рифтогенеза в Припятском прогибе обусловлено

двумя рядами тектоно-геодинамических процессов – влиянием окраинно-плитных напряжений со стороны южного и юго-западного обрамления Восточно-Европейской платформы и миграцией криптоидивергентной границы вдоль Припятско-Донецкого авлакогена. Наступление начальной и главной фаз рифтогенеза в позднефранское время девона в Припятском прогибе происходило с некоторым запаздыванием по сравнению с Днепровским, а его завершение, наоборот, раньше – на рубеже средне-позднекаменноугольного времени. С одной стороны, это связано с местоположением срединно-океанического хребта Палео-Тетиса, подходившего в девоне к юго-западному краю Евразийского континента, и положением Припятского прогиба как самого удаленного звена от линейной зоны спрединга. С другой стороны, более раннее завершение процесса обусловлено также воздействием волны сжатия со стороны Львовско-Люблинского краевого прогиба – структуры Предсреднеевропейского форланда, где в это время происходило рекуррентное возрождение складчатого сооружения кaledонид юго-западного обрамления платформы.

В Припятском прогибе поверхность пологого сквозькорового срыва (детачмента) выявляется при сопряженном анализе двух моделей строения литосферы – на основе изучения пакета преимущественно преломленных волн (Евробридж-97) и ГСЗ-МОГТ. По аналогии с иными палеорифтами раннерифтовый первичный детачмент рассматривается как внутрикоровый слой разуплотнения (волновод) мощностью несколько километров. Выявление сквозькоровой поверхности срыва, сформированной в главную фазу рифтинга, указывает на изначально существенную роль пологих разломов в формировании Припятского рифта. Они проходят через верхнюю и среднюю кору и затем прослеживаются в виде зон повышенной расслоенности в нижней коре и верхней мантии. Структура детачмента определяет степень неравновесного состояния земной коры и важнейшие особенности развития фанерозойских рифтов древних платформ. С ней коррелируют соотношение амплитуд горизонтального растяжения и синрифтового погружения, строение осадочного чехла.

Реконструкция регионального и локальных синрифтовых полей напряжения, впервые проведенная для всей территории Припятского прогиба, позволила выявить зависимость пространственного распределения сбросовых и сдвиговых деформаций от типа палеонапряжений. На основе разработанного нового экспресс-метода оценки палеонапряжений для погребенных континентальных палеорифтов, включающего использование интегральных показателей синрифтовой разломной тектоники – углов простирации и падения разломов (сколовых трещин), «снятых» со структурных карт и сейсмогеологических

профилей, проведен тектонофизический анализ указанных показателей. Их сопоставление с современной геодинамикой «открытой» Байкальской рифтовой зоны, по которой имеются данные визуальных замеров трещиноватости и решения фокальных механизмов землетрясений, позволил определить типы синрифтовых полей тектонических напряжений и соответствующие им кинематические типы разломов. При безусловном господстве в процессе синрифтового развития обстановки растяжения в Припятской зоне рифтогенеза выделяются участки, испытавшие субгоризонтальное сжатие и сдвиговые деформации. В частности, территория Брагинско-Лоевской седловины и прилегающие к ней участки рифтового грабена имеют характеристику напряженного состояния герцинского поля преимущественного сжатия с развитием разломов сбросо-сдвигового типа.

Формирование сдвиговых и сбросо-сдвиговых деформаций в Припятском прогибе связано с палеонапряжениями сжатия. Анализ синрифтовых полей тектонических напряжений разного порядка и структурных рисунков показал их широкое развитие, оставившее заметный след в виде явных и скрытых признаков сдвигообразования как прямолинейного, так и вращательного характера.

В свете представлений о многфакторной модели пассивного рифтогенеза получили развитие представления о современной и синрифтовой геотермической напряженности и особенностях преобразования рассеянного органического вещества в разных структурных районах Припятского прогиба. Приуроченность максимальных современных и реконструированных палеотемператур к северной части прогиба косвенно подтверждает отсутствие осевого мантийного выступа в Припятском прогибе. Такой характер распределения температур скорее всего свидетельствует в пользу того, что основными каналами конвективного поступления тепла в осадочный чехол являлись зона главного глубинного срыва (детачмента), имеющая наклон с севера на юг, и согласно с ней падающие зоны разломов Северного структурного района. Дополнительный прогрев пород был связан также с проявлением синрифтового магматизма в северо-восточной части Припятского прогиба.

Р. Е. Айзберг и Т. А. Старчик допускают возможность не только вертикальной, но и латеральной миграции углеводородов по зонам разломов. Предполагается, что разломы, ориентированные ортогонально и диагонально к простирианию основных синрифтовых структур прогиба, формировавшихся в режиме поперечного и продольного синрифтового растяжения, могли служить своеобразными «магистральными каналами» переноса углеводородов из очагов генерации к зонам аккумуляции. В этой связи следует

особо подчеркнуть важность и необходимость дальнейшего изучения такого, имеющего прикладное значение аспекта, как роль разломов и зоны самого детачмента в процессах преобразования рассеянного органического вещества осадочных толщ, вертикальной и латеральной миграции углеводородов, формирования (переформирования) залежей нефти.

Сопряженный анализ синрифтовой геодинамики, разломо- и нефтеобразования в Припятском прогибе показал определяющую роль разломов в процессах генерации, миграции и аккумуляции углеводородов. Дифференцированная по разломам скорость и глубина погружения нефтегазоносных комплексов определила тектонические условия генерации углеводородов. Такие показатели как кинематика, амплитуда, плотность, проницаемость разломов контролировали условия миграции углеводородов и их аккумуляции в залежах и месторождениях, объединенных в структурные и литолого-фаунистические зоны и участки нефтегазонакопления. Общая геодинамическая обстановка, связанная с особенностями глубинного строения земной коры в зоне рифтогенеза, обусловила территориальную приуроченность и степень перспективности нефтегазоносных районов Припятского нефтегазоносного бассейна.

Новейшая геодинамика разрывных нарушений в антропогене и ее влияние на экологическую обстановку

На основании анализа данных по строению отложений и рельефа, сформировавшихся в четвертичное время, проведена рубрикация разрывных нарушений, выделенных на территории Беларуси [3, 13] по степени их активности в голоцене – позднеледниковые, позднем-среднем и раннем плейстоцене. Для этих целей использован комплекс следующих геолого-геоморфологических показателей: особенности простирации речных долин; резкие изменения коэффициентов меандрирования рек; аномальные уклоны рек; прямолинейно вытянутые цепи эоловых гряд и холмов; линейные ограничения некоторых других форм рельефа; локальные участки повышенных мощностей ледниковых комплексов разного возраста; ложбины ледникового выпахивания и размыва; дугообразное строение систем напорных параллельных гряд краевых ледниковых образований; резкое возрастание глубин залегания кровли коренных пород; аномально высокое залегание неогеновых отложений; заметное увеличение мощностей отложений раннечетвертичного и брестского времени и др.

По перечисленным данным построена схема разрывных нарушений, проявлявших активность в четвертичное время (рис. 2), и сделаны некоторые выводы о развитии геодинамических процессов в рассматриваемый этап геологической истории. В частности, установлено,

что в различные этапы четвертичного периода происходила определенная перестройка структурного плана в связи с активизацией в средне-плейстоценовое время геодинамических процессов в акватории нынешнего Балтийского моря и непосредственно на территории региона под влиянием ледниковых нагрузок, что сопровождалось относительным ослаблением воздействия на территорию Беларуси процессов, протекавших в зоне Карпатского орогена [5, 9]. Выделенные зоны активных разрывных нарушений влияют на формирование геохимических аномалий в покровных отложениях. Чаще всего их образуют повышенные концентрации Ni, V, Cu, Y, Ti, реже Cr, Zr, Co, Mn, Yb, еще реже Pb, B, Nb, Be [8]. Доказана неоднородная структура аномалий, которые могут быть представлены несколькими участками максимальных концентраций микроэлементов, соответствующими плоскостям разрывов, по которым происходило смещение пород. Выявленные аномалии различаются по коэффициентам концентрации отдельных элементов, варьирующих в основном в интервале от 1,8 до 1,0. Общий характер распределения этих коэффициентов позволяет оценивать относительную активность разрывных нарушений: чем больше элементов имеют повышенные значения коэффициентов концентрации, тем активнее разлом.

Помимо перечисленных выше аномалий в зонах разломов в почвенном воздухе формируются значительные концентрации радона. Например, в пределах Солигорского геодинамического полигона и на смежных площадях Белорусской антиклизы и Припятского прогиба на таких участках объемная активность радона в 1,5–2 раза превышает фоновые значения [10]. При этом сопоставление выделенных максимумов концентраций с данными геофизических съемок позволило подтвердить наклонный характер линейных разрывных нарушений. Кроме того установлено, что минимальные содержания радона при прочих равных условиях тяготеют к понижениям рельефа, которые характеризуются заметными латеральными движениями грунтовых вод.

Выявленные геохимические аномалии, хотя непосредственно и не провоцируют развитие тех или иных болезней, тем не менее при определенных условиях (дополнительное техногенное загрязнение отложений и вод, аномалии физических полей Земли и др.) могут неблагоприятно воздействовать на здоровье населения (частоту онкологических заболеваний, болезней органов дыхания, пищевого тракта, эндокринной железы, неврозов, анемий и др.). Все это позволяет сделать вывод о том, что зоны активных разрывных нарушений должны быть отнесены к территориям с высокой степенью экологического риска.

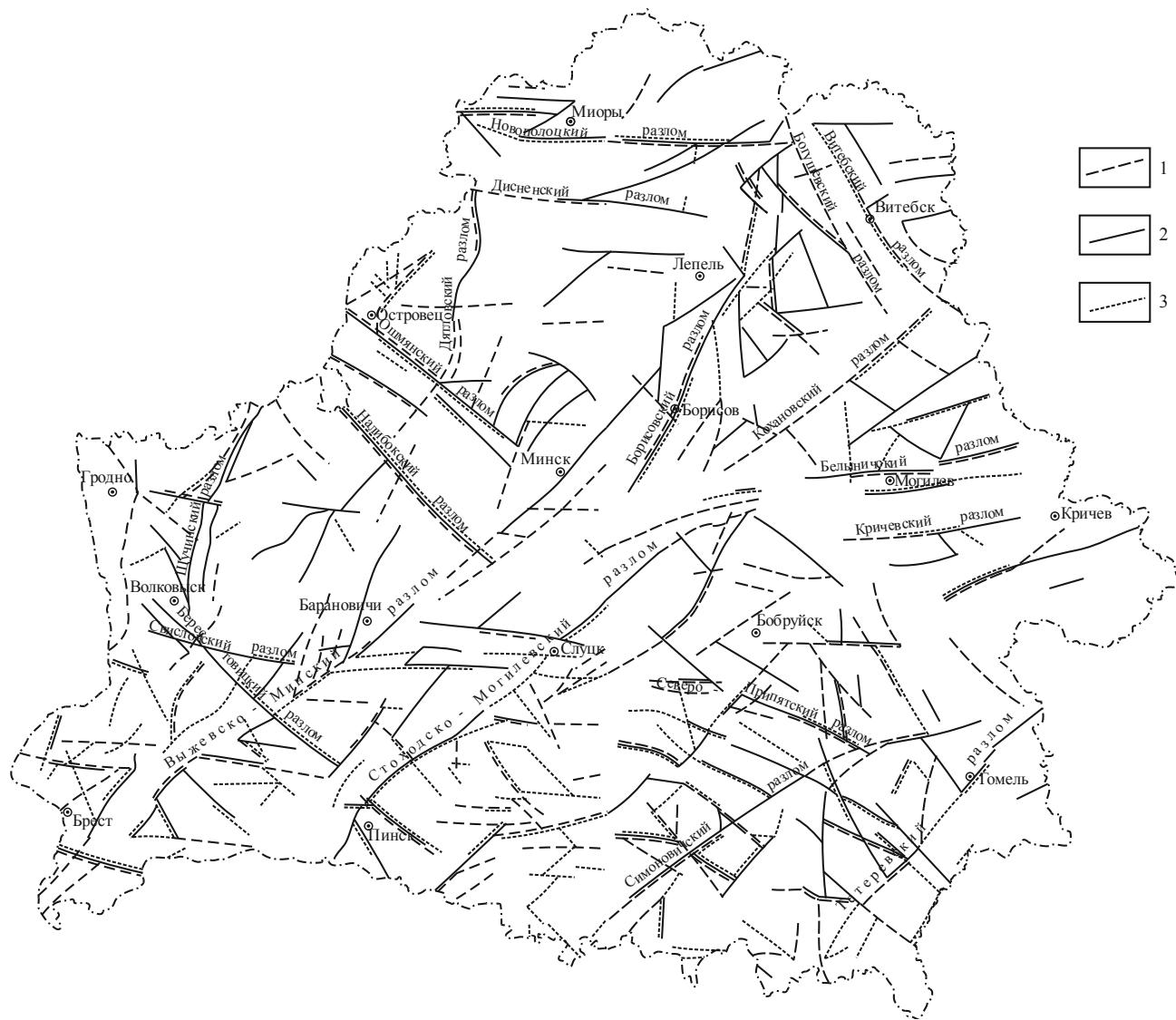


Рис. 2. Схема разрывных нарушений, проявлявших активность в четвертичное время: разломы активные в голоцене (1), в поздне- и среднечетвертичное (2) и раннечетвертичное (3) время

Палеогеография кайнозоя

Изучение проблем стратиграфии и палеогеографии кайнозоя Беларуси на протяжении многих лет является предметом исследований белорусских геологов и палеонтологов. В результате комплексного изучения новых наиболее представительных разрезов плейстоценовых отложений и ревизии нескольких сотен ранее известных разрезов получено палинологическое обоснование новых стратиграфических схем неогеновых, четвертичных (плейстоценовых) и позднеледниково-голоценовых отложений Беларуси [18]. В структуре толщи плейстоценовых отложений установлено четыре крупных гляциоседиментационных (ледниковых) цикла, которые имеют широкое распространение и подтверждены стратиграфическими реперами. Они выделены в ранге стратиграфических горизонтов:

наревского, березинского, припятского и поозерского. Ледниковые отложения разделены образованиями трех межледниковых горизонтов: беловежского, александрийского и муравинского.

По данным палинологических исследований выполнено биостратиграфическое расчленение всех межледниковых, а также ранне- и позднеледниковых отложений на ряд локальных (в конкретных разрезах) и региональных пыльцевых зон [15–17]. Выделение региональных пыльцевых зон имеет особо важное значение, поскольку такие зоны являются основой для межрегиональных корреляций стратиграфических подразделений плейстоцена крупных регионов Центральной и Восточной Европы. Коррелятивность межледниковых отложений по пыльцевым зонам доказывает существование каждого конкретного межледникового, а отсутст-

вие такой корреляции свидетельствует о неправомерности выделения того или иного горизонта. Поэтому проведенные исследования явились научной основой для палеогеографических реконструкций основных событий плейстоцена как на территории Беларуси, так и прилегающих областей.

Установлена последовательность фаз развития растительности, существовавшей на протяжении межледниковых интервалов плейстоцена, а также начальных и заключительных этапов ледниковых эпох. Во время накопления отложений гомельского и брестского времени (донаревских) существовала растительность, свойственная холодным условиям предледникового времени, когда происходило неоднократное чередование ландшафтов, подобных стадиальным и интерстадиальным ландшафтам ледниковых эпох плейстоцена. Результаты палинологических исследований, следовательно, не дают оснований для выделения теплых промежутков времени, подобных межледниковым, в донаревской части плейстоцена [11, 6] и противоречат стратиграфии этой части плейстоцена, предложенной в новой стратиграфической схеме четвертичных отложений. На рис. 3 представлена схема климато-фитоценотических сукцессий на территории Беларуси в среднем и позднем плейстоцене по данным палинологических исследований (палиностратиграфия нарочанского подгоризонта поозерского горизонта приведена по В. П. Зерницкой).

Анализ последовательных изменений таксономического состава палинофоры, отражающих эволюцию растительности на протяжении межледниковых интервалов плейстоцена, позволил выполнить реконструкцию динамики палеотемпературных показателей для хронологически последовательных фаз в развитии растительности межледниковых эпох [15, 16]. Выполненное сравнение палеотемпературных показателей всех межледниковых интервалов плейстоцена Беларуси показало, что самыми высокими в плейстоцене были средние температуры борковского теплого интервала беловежского времени и муравинского межледникового. Могилевский теплый интервал беловежского времени и александрийское межледниковые были близки между собой по палеотемпературным показателям, но, в отличие от беловежского и муравинского времени были более прохладными [14].

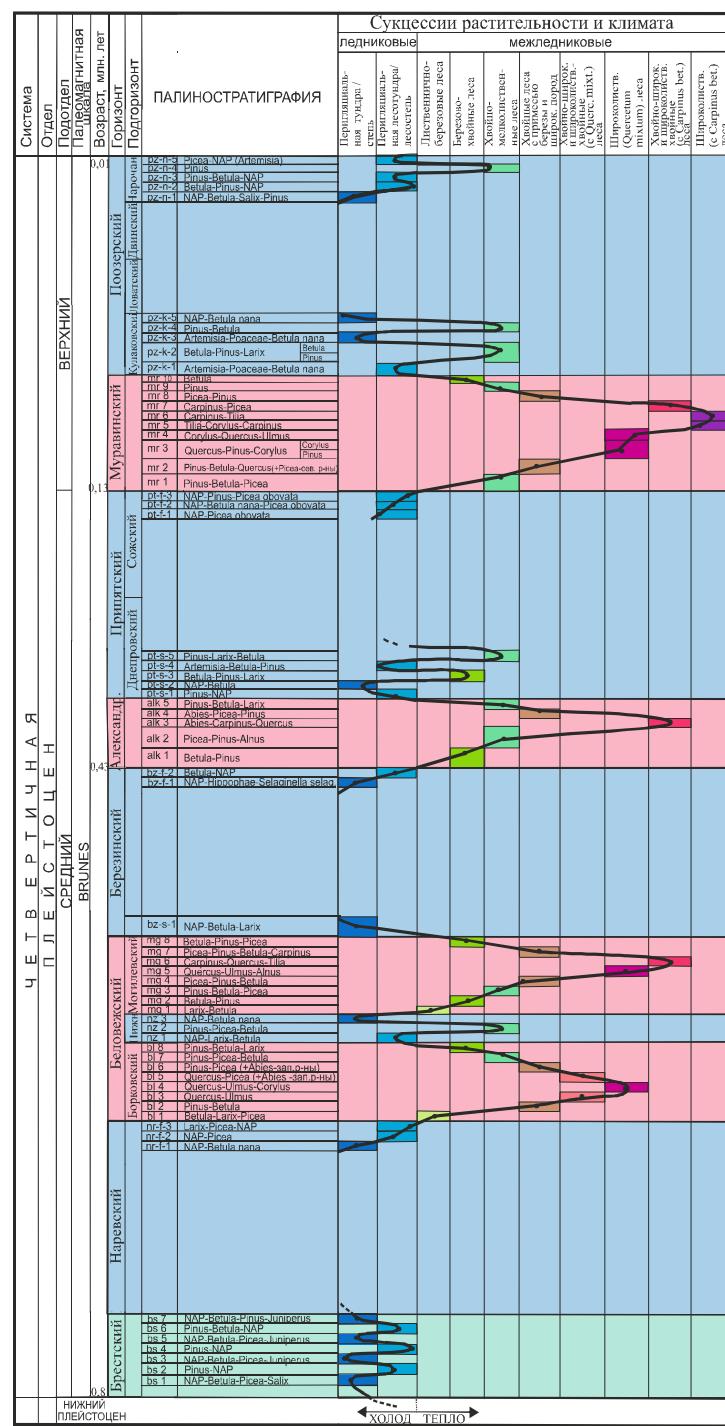


Рис. 3. Климато-фитоценотические сукцессии на территории Беларуси в среднем и позднем плейстоцене по данным палинологических исследований
Т. Б. Рыловой и И. Е. Савченко

Результаты палинологических исследований плейстоценовых отложений свидетельствуют о том, что процесс развития флоры и растительности был индивидуальным для каждого межледникового. Это доказывается определенной для разных межледниковых последовательностью пыльцевых зон, а также свидетельствует о различных климатических условиях каждой межледниковой эпохи.

На основании исследований таксономического состава и количественного содержания пыльцы и спор растений в плейстоценовых и голоценовых отложениях Беларуси, а также установленной последовательности пыльцевых зон разработана модель динамики сукцессий растительности в межледниковых интервалах плейстоцена и в голоцене. Разработанная модель может быть использована для прогноза возможных направлений развития природного процесса в будущем, в том числе изменений климата и состава лесов.

Сопоставление последовательности появления и распространения пыльцы основных древесных пород, а также ее процентного содержания в отложениях беловежского, александрийского, муравинского межледниковых и голоцена показало, что сходство по наибольшему числу параметров наблюдается между

борковским интервалом беловежского времени и голоценом. Для указанных промежутков времени построены изопольные карты, отражающие процесс распространения основных лесообразующих пород (сосны, ели, ольхи, дуба, вяза, липы, граба и др.).

В результате выполнения работ по международным белорусско-польским проектам выполнена межрегиональная корреляция верхнеприпятских, муравинских, нижне- и верхнеподзесских, голоценовых пыльцевых зон и фаз развития растительности Беларуси и Польши [14]. Выявлены общие закономерности и региональные особенности пространственно-временной динамики растительных сообществ, начиная от заключительных фаз припятского оледенения, на протяжении муравинского межледникового, начальных и заключительных фаз подзесской ледниковой эпохи, а также голоцена. Выполнена реконструкция палеоклиматических показателей для всех фаз муравинского межледникового и климатического оптимума голоцена методом совмещения «климатических ареалов» с учетом определенных в составе палиnofлоры индикаторов климата. Полученные данные являются научной основой для решения вопросов стратиграфии четвертичных отложений Центральной и Восточной Европы.

Литература

1. Айзберг, Р. Е. Многофакторная модель позднепалеозойской геодинамики Припятского прогиба. Статья 1. Геодинамические факторы проявления синрифтовых вертикальных и горизонтальных движений / Р. Е. Айзберг, Т. А. Старчик // Літасфера. 2007. № 2 (27). С. 23–36.
2. Айзберг, Р. Е., Старчик, Т. А. Многофакторная модель позднепалеозойской геодинамики Припятского прогиба. Статья 2. Факторы динамического влияния синрифтового срыва, геотермической эволюции, окраинно- и внутримагматических напряжений на рифтообразование / Р. Е. Айзберг, Т. А. Старчик // Літасфера. 2008. № 1 (28). С. 3–24.
3. Аксаментава, Н. В. Карта крышталічнага фундамента. М 1:2 000 000 / Н. В. Аксаментава [и др.]. // Нацыянальны атлас Беларусі. Мінск, 2002. С. 41.
4. Гарецкий, Р. Г. Новые тектонические элементы Восточно-Европейской платформы. Концепции, методы / Р. Г. Гарецкий, Г. И. Карагаев // Изд. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Saarbrucken, Germany. 2012.
5. Карабанов, А. К. Неотектоника и неогеодинамика запада Восточно-Европейской платформы / А. К. Карабанов, Р. Г. Гарецкий, Р. Е. Айзберг. Минск, 2009.
6. Карабанов, А. К. Проблемы стратиграфического расчленения плейстоцена Беларуси / А. К. Карабанов, Т. Б. Рылова, С. В. Демидова // Материалы VII Всеросс. совещ. по изучению четвертичного периода. Апатиты. СПб, 2011. С. 255–258.
7. Маркс, Л. Международный научный проект по составлению геологических карт приграничных районов Польши и Беларуси: первые результаты и перспективы исследований / Л. Маркс [и др.] // Актуальные проблемы современной геологии, геохимии и географии : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. Геология, геохимия. 2011. С. 138–140.
8. Матвеев, А. В. Структура геохимических аномалий в покровных отложениях в зонах разрывных нарушений / А. В. Матвеев // Літасфера. 2011. № 2 (35). С. 106–112.
9. Матвеев, А. В. Сравнительный анализ линейных дислокаций, выявленных на территории Беларуси / А. В. Матвеев, Л. А. Нечипоренко // Докл. АН Беларуси. 1995. Т. 39, № 5. С. 79–82.
10. Матвеев, А. В. Концентрация радона в почвенном воздухе на смежных площадях Белорусской антеклизы и Припятского прогиба (Беларусь) / А. В. Матвеев [и др.] // Природопользование. Минск, 2012. Вып. 21. С. 68–74.
11. Махнач, Н. А. Палинологическая характеристика древнейших антропогеновых отложений Белоруссии / Н. А. Махнач // Пограничные горизонты между неогеном и антропогеном. Минск, 1977. С. 215–234.

12. Монин, А. С. О затягивании осадков на большие глубины под континенты / А. С. Монин, О. Г. Сорохтин // Докл. АН СССР. 1986. Т. 286, № 3. С. 583–586.
13. Разломы земной коры Беларуси / Под ред. Р. Е. Айзберга. Минск, 2007.
14. Рылова, Т. Б. Растительность и климат межледниковых интервалов плейстоцена Беларуси по данным палинологических исследований / Т. Б. Рылова, И. Е. Савченко // Літасфера. 2006. № 1 (24). С. 12–26.
15. Рылова, Т. Б. Межрегиональная корреляция верхнеприпятских (Upper Wartanian), муравинских (Eemian) и нижнепоозерских (Lower Vistulian) пыльцевых зон Беларуси и Польши / Т. Б. Рылова [и др.] // Літасфера. 2008. 1(28). С. 64–75.
16. Рылова, Т. Б. Александрийское межледниково Беларуси по данным палинологических исследований / Т. Б. Рылова, И. Е. Савченко // Літасфера. 2011. № 1 (34). С. 54–68.
17. Рылова, Т. Б. О древнейших межледниковых интервалах в гляциоплейстоцене Беларуси / Т. Б. Рылова, И. Е. Савченко // Актуальные проблемы современной геологии, геохимии и географии : сборник материалов Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. Геология, геохимия. 2011. С. 175–178.
18. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси: объяснительная записка / С. А. Кручек [и др.]. Минск, 2010. 282 с. + приложение из 15 стратиграфических схем.
19. Sliaupa, S. Design basis earthquake of the Ignalina Power Plant / S. Sliaupa [et al.] // Geologija, 54. 2006. Р. 19–30.
20. Sliaupa, S. Strain and stress fields of the Ignalina NPP area from GPS data and thin-shell finite element modeling / S. Sliaupa, A. Zakarevicius, A. Stanionis // NE Lithuania. 2006₂. Geologija, 56. Р. 27–35.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 1.10.2012 г.

**P. E. Айзберг, R. G. Гарецкий, A. K. Карабанов, G. I. Карапаев,
A. V. Матвеев, L. A. Нечипоренко, T. B. Рылова, I. E. Савченко**

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ГЕОДИНАМИКЕ И ПАЛЕОГЕОГРАФИИ В ИНСТИТУТЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НАН БЕЛАРУСИ

Обосновано выделение новых тектонических элементов запада Восточно-Европейской платформы. Отражены основные черты синрифтовой геодинамики Припятского прогиба. Показано влияние новейшей геодинамики на экологическую обстановку в Беларуси. Реконструирована эволюция климато-фитоценотических сукцессий на территории Беларуси в плейстоцене.

**R. E. Aizberg, R. G. Garetsky, A. K. Karabanov, G. I. Karatayev,
A. V. Matveev, L. A. Netshiporenko, T. B. Rylova, I. E. Savchenko**

THE GEODYNAMIC AND PALAEGEOGRAPHICAL INVESTIGATIONS IN THE INSTITUTE FOR NATURE MANAGEMENT NAS OF BELARUS

The new tectonic elements within the East European platform are proved. The main features of the variscian geodynamics of the Prypiat paleorift are shown. The influence of the neogeodynamics processes on the ecological situation within the territory of Belarus is discovered. The main trends of the climatic and vegetation changes during the middle and late Pleistocene are reconstructed.

А. В. Кудельский

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ ДРЕВНЕЙ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И НЕОПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНОВАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЯ БЕЛАРУСИ

Анализ полученной в последние годы геолого-геофизической и гидрогеологической информации позволил выявить несколько слабоизученных направлений, касающихся региональной гидрогеологии Восточно-Европейской платформы, эволюции подземной гидросферы на новейшем тектоническом этапе, гидродинамики и гидрохимии моноклинальных структур, роли четвертичных оледенений и межледниковых в формировании современной гидрогеологической обстановки на северо-западе платформы и на территории Беларуси, в частности. Обращение к этим направлениям, несомненно, позволит не только получить новое знание в области региональной гидрогеологии, но и оптимизировать проблемы экологоприемлемого использования ресурсов подземных вод и природопользования в целом.

1. Региональная гидрогеология Восточно-Европейской платформы

Восточно-Европейская платформа – мегаструктура с относительно хорошо изученной [1, 2, 10, 11, 18, 19] региональной гидрогеологией и гидрогеологией составляющих ее разнорядковых геологических структур (рис. 1). Высокий научно-технический уровень ранее выполненных разработок обеспечил многолетнее рациональное водопользование, поиски и эксплуатацию месторождений разнообразных полезных ископаемых, от рудных и горючих до минеральных и промышленных вод. Вместе с тем специально ориентированный анализ накопленной информации позволяет обнаружить и идентифицировать некоторые недостаточно изученные направления и аспекты проблемы региональной гидрогеологии Восточно-Европейской платформы, в числе которых отчетливо просматриваются проблемы палеогидрогеологии, подземной гидродинамики, гидрохимии, формирования некоторых типов минеральных вод, а также рационального и экологоприемлемого природопользования.

1.1. Основные водоносные комплексы и водоупоры

Литолого-петрографическими и текстурными особенностями горных пород фундамента и чехла определяются отличия их коллекторских и фильтрационных свойств. Водоносность кристаллических пород фундамента связана с зонами разломов и верхней трещиноватой зоной, при этом ресурсы трещинных и трещинно-жильных вод, как правило, невелики. Несопоставимо более значительны ресурсы подземных вод, связанные с порово-пластовыми и трещинно-карстово-пластовыми резервуарами осадочного чехла.

С чехлом связаны следующие крупные гидрогеологические этажи, составленные многочисленными водоносными комплексами, горизон-

тами и разделяющими их водоупорными толщами:

- 1) верхнепротерозойский – нижнекембрийский;
- 2) верхнекембрийский – ордовикско-силурийский;
- 3) девонско-карбоново-нижнепермский; 4) верхнепермский – триасовый; 5) юрский – меловой;
- 6) неоген – палеогеновый; 7) четвертичный.

Регионально выдержаные водоупорные толщи представлены: нижнекембрийскими «синими» глинами (Средне-Русский и, частично, Балтийско-Польский и Волго-Камский бассейны); верхнедевонскими галогенными толщами (Припятский и Днепровско-Донецкий бассейны); нижнепермскими солевыми образованиями (Восточно-Русский, Прикаспийский, Днепровско-Донецкий и, частично, Северодвинский бассейны); верхнепермской галогенной толщей (Польско-Литовский бассейн). В разрезе отдельных гидрогеологических бассейнов известны водоупоры (или относительные водоупоры, в случае их частичной обводненности) локального характера. К ним относятся тиллиты (древние погребенные морены) вильчанской серии нижнего венда (южная часть Оршанской впадины, Беларусь); котлинские глины венда; диктионемовые и кукерские сланцы ордовика; глинистые или мергелистые породы нижнего кембра (Подлясско-Брестский бассейн), ордовика, силура, девона, верхнего мела; глинистые пачки пород среднего карбона, верхней перми, триаса, юры, палеогена и др.

Оригинальные для каждого осадочного бассейна сочетания мощностей и внутренней структуры чехла с чередующимися водоносными комплексами (горизонтами) и водоупорами определяют гидрогеологические (гидрохимические и гидродинамические) условия бассейнов, характер межбассейновых связей и позицию каждого из них в региональной геолого-гидрогеологической системе Восточно-Европейской платформы.

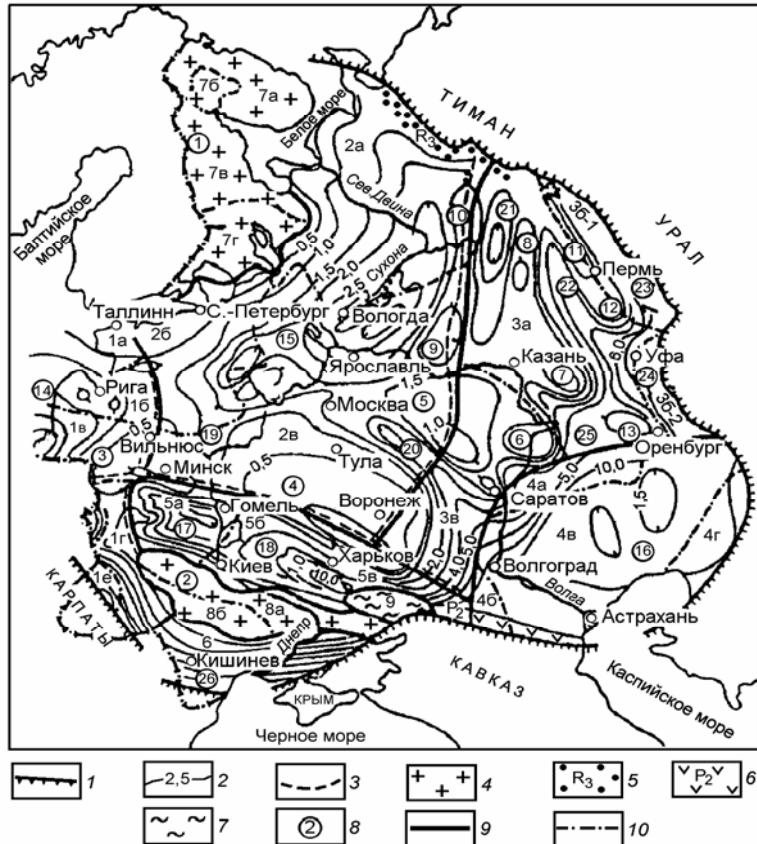


Рис. 1. Схема рельефа, структур фундамента и гидрогеологического районирования Восточно-Европейской платформы (по Б. Н. Архангельскому):

1 – граница Восточно-Европейской платформенной области (Тектоническая карта Евразии, 1966);
 2 – изолинии поверхности фундамента (сечение 0,5 км, в отдельных местах 1 км и более); 3 – главные «водоразделы» на поверхности фундамента; 4 – дорифейские кристаллические щиты; 5 – рифейский складчатый фундамент Притиманья; 6 – палеозойский складчатый фундамент Скифской плиты (вал Карпинского); 7 – складчатая область Донбасса; 8 – главные структуры фундамента; 9 – границы гидрогеологических районов первого порядка. Гидрогеологические бассейны: 1 – Балтийско-Польский; 2 – Средне-Русский; 3 – Восточно-Русский; 4 – Прикаспийский; 5 – Днепровско-Донецкий; 6 – Причерноморский. Бассейны трещинных вод: 7 – Балтийский, 8 – Украинский, 9 – Донецкий; 10 – границы гидрогеологических районов второго порядка

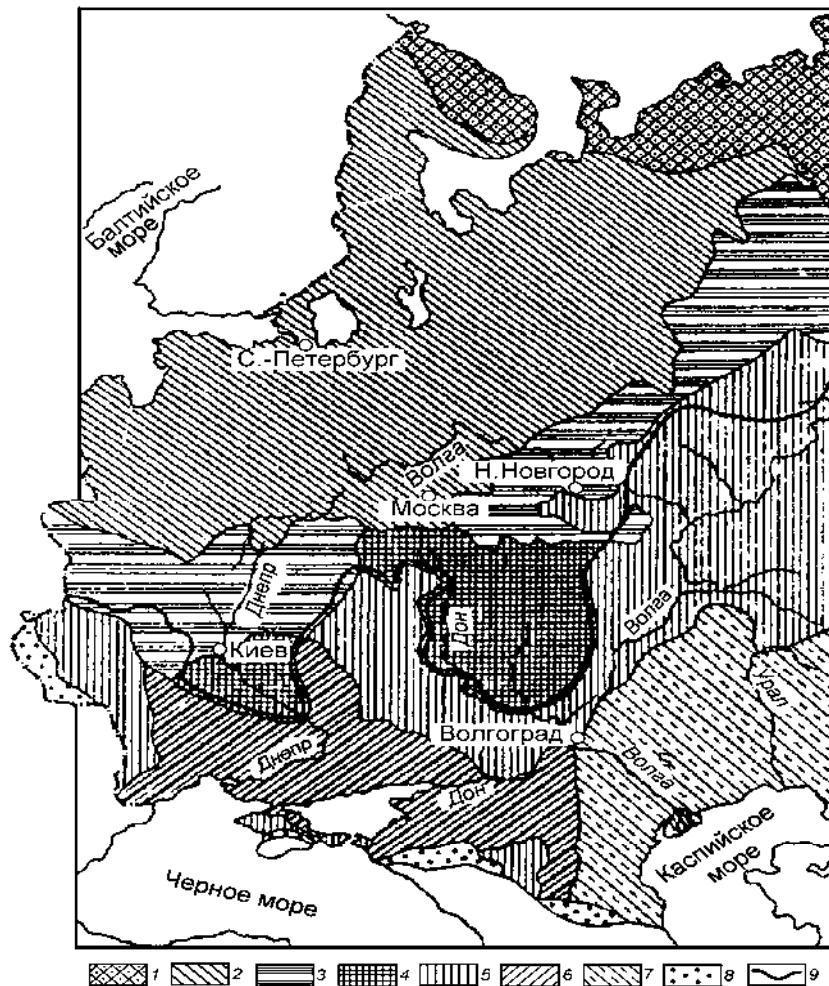
1.2. Гидрогеологическая зональность и подземный сток

• **Грунтовые воды.** Воды первых от поверхности водоносных горизонтов — повсеместно распространены в пределах Восточно-Европейской платформы, от приполярных тундр с их многолетней мерзлотой до полупустынь, что предопределяет их физико-географическую и гидрогеохимическую зональность (рис. 2; [12]). В соответствии с подобной зональностью находится химический состав и минерализация грунтовых вод: на севере и в центральных регионах платформы это, как правило, гидрокарбонатные воды с различным сочетанием катионов и минерализацией от 30–60 мг/дм³ (тунды Севера, Кольского полуострова, Белорусское Полесье) до 1 г/дм³, реже 2–3 г/дм³. В южных и полупустынных регионах Прикаспия и Причерноморья грунтовые воды отличаются повышенной и высокой минерализацией (до 5–10 и даже 190 г/дм³) и преимущественно хлоридным соста-

вом с варьирующими концентрациями SO₄²⁻, HCO₃⁻ и катионов.

Мощность горизонта грунтовых вод, контролируемая глубиной эрозионных врезов, варьирует от долей и нескольких метров до 50–60 м. Вертикальные гидрохимические профили, как правило, однородны и невыразительны.

• **Подземные воды осадочного чехла.** Они связаны с разновозрастными осадочными образованиями, мощность которых варьирует от десятков и сотен метров до 1000–2500 м в пределах антеклиз и до 5–23 км и более – в разрезе внутри- и периплатформенных рифтов и надрифтовых синеклиз и Прикаспийского лабигена. На большей части территории платформы осадочному чехлу свойственна прямая четырехчленная гидрогеохимическая зональность, практически повсеместно представленная зонами пресных (до 1 г/дм³), солоноватых (> 1–10) и соленых (до 35 г/дм³) вод и рассолов (> 35 г/дм³).



**Рис. 2. Схема зональности грунтовых вод на Русской равнине
(составили А. Н. Семихатов и В. И. Духанина):**

1 – зона надмерзлотных сезонных вод тундры Севера и неглубоких вод тундры Кольского полуострова; 2 – зона грунтовых вод ледниковой области со свежим рельефом последнего оледенения; 3 – зона грунтовых вод зан드рово-аллювиальных равнин полесий, развитых вдоль южного края последнего оледенения; 4 – зона грунтовых вод области со сглаженным ледниковым рельефом максимального оледенения, включая Днепровский и Донской языки оледенения; 5 – зона грунтовых вод областей с маломощным четвертичным покровом; 6 – зона грунтовых вод области с мощным лессовым покровом; 7 – зона грунтовых вод морских и аллювиальных дельтовых равнин Прикаспия; 8 – зона грунтовых вод предгорных наклонных равнин Карпат, Крыма и Кавказа; 9 – граница максимального оледенения на Русской равнине

Мощность зоны пресных вод обычно изменяется двумя-тремя сотнями метров, понижаясь до 50–0 м в пределах южных опустыненных территорий и в зонах очаговой разгрузки высокоминерализованных вод и рассолов и возрастая до 600–700 м (Днепровско-Донецкий прогиб) и даже 1350–1500 м (Подлясско-Брестская впадина) в районах интенсивных неотектонических движений и гляциоэфектов [21]. В большинстве случаев мощность пресноводной части вертикальных геохимических профилей контролируется глубиной эрозионного вреза и эффективностью дренирования осадочных толщ речными долинами.

Суммарная мощность солоноватых и соленных вод варьирует в самых широких пределах в зависимости от геологического строения, наличия или отсутствия в разрезе хемогенных осадочных образований и интенсивности водообменных процессов. Повсеместно зона соленых вод с глубиной сменяется гидрогеохимической зоной рассолов, солесодержание которых может достигать 500–600 г/дм³ (Припятский прогиб, [22]).

В соответствии с ростом минерализации подземных вод изменяется их химический состав: от преимущественно гидрокарбонатного в пресноводной части гидрогеохимических профилей до хлоридного натриевого и даже до хлорид-

ного магниево-кальциевого в глубокопогруженных частях осадочных бассейнов. Для солоноватых, соленых вод и рассолов нефтегазоносных бассейнов характерны повышенные (до 5–6 мг/дм³) и высокие (до 18–70 мг/дм³ и более) концентрации йода, обязанного своим происхождением термодеструкции рассеянного в породах органического вещества [17]. Высокие (до 200–300 мг/дм³) и высочайшие (до 6500–7800 мг/дм³) концентрации брома в рассолах свойственны, прежде всего, осадочным бассейнам с мощным солевым выполнением (Припятский, Днепровско-Донецкий и др.).

• **Воды фундамента.** Кристаллические породы фундамента Восточно-Европейской платформы обводнены в трещиноватых породах приразломных зонах и в местах развития кор выветривания. В областях выхода кристаллических пород на дневную поверхность с ними практически повсеместно связаны пресные воды (Балтийский и Украинский щиты, Воронежская антеклиза), используемые для водоснабжения. Мощность водоносной зоны, как правило, сокращается по направлению прилегающих впадин, выполненных осадочными породами.

Минерализация подземных вод фундамента возрастает с глубиной, достигая 120 г/дм³ и более [7] в пределах Украинского (глубокие шахты Криворожья) и 200–300 г/дм³ – в пределах Балтийского щита (Кольская сверхглубокая скважина СГ-3, 4500–6900 м). Последние связаны с диабазами, метадиабазами, биотит-амфибол-плагиоклазовыми сланцами – продуктами раслоения преимущественно средних магм и процессов гранитизации в РТ-условиях эпидот-амфиболитовой фации метаморфизма (500–600 °С).

С зонами развития в фундаменте высокотемпературных бластомилонитов калиевого типа связаны, как правило, минеральные воды с высоким содержанием радона (Белорусская антеклиза: Новогрудок, Ельня, Дятлово).

• **Подземный сток.** Территория Восточно-Европейской платформы принадлежит бассейнам морей Ледовитого океана (Белое и Баренцево моря), Атлантического океана (Балтийское, Черное и Азовское моря) и бессточной области Каспийского моря. Именно с этими бассейнами стока связана конечная разгрузка вод речных экосистем (рис. 3), а также определенная часть подземных вод зоны активного водообмена.

Коснувшись общих проблем латерального перемещения подземных вод Восточно-Европейской платформы, следует подчеркнуть:

1) латеральная динамика грунтовых вод и вод зоны активного водообмена в целом определяется морфоскульптурой земной поверхности, составом и выдержанностью (по площади) водовмещающих пород (преимущественно четвертичных вне выходов кристаллических фундамен-

тов), соотношением областей питания и разгрузки водоносных горизонтов, а также дренирующими свойствами (эффективностью) гидографической сети;

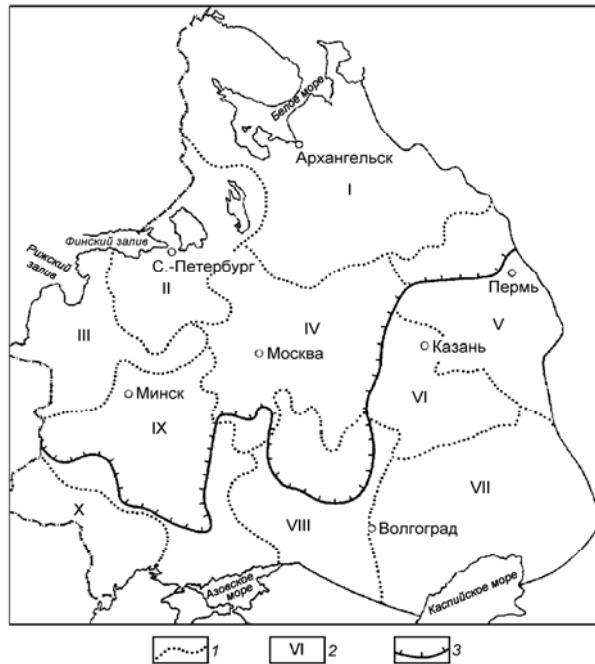


Рис. 3. Карта-схема бассейнов рек Восточно-Европейской платформы:

- 1 – водоразделы бассейнов рек;
- 2 – бассейны стока: I – Беломорский;
- II – Балтийско-Финский; III – Балтийско-Рижский;
- IV – Волго-Окский; V – Волго-Камский;
- VI – Волго-Самарский; VII – Волго-Эмбенский;
- VIII – Донской; IX – Днепровский;
- X – Днепровско-Бугский;

3 – граница максимального оледенения

2) в связи с площадной невыдержанностью, фациально-литологической неоднородностью и структурно-геологической разобщенностью водовмещающих пород древнее четвертичные, латеральные трансбассейновые, трансформные и, естественно, трансплатформенные потоки подземных вод в горизонтах древнее четвертичных отсутствуют;

3) каждому гидрогеологическому бассейну (массиву) свойственна гидродинамическая автономность на уровне горизонтов древнее четвертичных и наличие слабых опосредованных гидродинамических связей со смежными бассейнами посредством трансбассейновой гидродинамической системы четвертичных отложений. Показательно в этом отношении обнаружение повышенных концентраций йода в воде рек, дренирующих зоны активного водообмена осадочных нефтегазоносных бассейнов (Г. С. Коновалов, 1959. Цит. по: [17]).

Природа гидродинамической автономности осадочных бассейнов по отношению к окружающим данные бассейны высокоподнятым геологи-

ческим структурам (например, горным сооружениям), как и природа автономности высокоподнятых кристаллических щитов относительно смежных с ними депрессий, состоит в соизмеримости пластовых энергий в погруженных частях осадочных бассейнов и энергий, создаваемых в пластовых системах воздымающихся (погружающихся) на их периферии моноклинальных структур за счет передачи гидростатических давлений из так называемых областей питания.

В отечественной гидрогеологии эта проблема впервые была поднята Н. К. Игнатовичем. Рассматривая гидрогеологическое взаимоотношение Урала и Восточно-Европейской платформы, он впервые обратил внимание на то, что «Урал, в частности его западный склон, на протяжении большого отрезка времени в отношении питания водами пород палеозоя платформ, как ни странно на первый взгляд, имеет весьма скромное значение» (Н. К. Игнатович, 1945. Цит. по: [16]). В 1946 г., анализируя гидрогеологические условия горных сооружений, А. М. Овчинников приходит к несколько неожиданному и, для того времени парадоксальному, выводу о том, что горные страны – это не только области питания; во многих случаях, наоборот, подземные воды подтягиваются в сторону горных складчатых областей (А. М. Овчинников, 1946. Цит. по: [16]). Работа А. М. Овчинникова благоприятно повлияла на развитие региональной гидрогеологии. Многие положения ее, в частности представления о сложном гидродинамическом взаимоотношении горных стран и смежных с ними прогибов и впадин, в последующие годы подтвердились [16].

Гидродинамическая автономность кристаллических щитов и антеклиз по отношению к смежным осадочным бассейнам Восточно-Европейской платформы хорошо просматривается на примере Украинского щита, с его вышеупомянутыми высокоминерализованными (более 120 г/дм³) шахтными рассолами, и Белорусской антеклизы, в центре, на западном и северо-западных склонах которой вскрываются рассолы, соизмеримые по своему солесодержанию (50–105 г/дм³) с кембро-силурскими рассолами Балтийской синеклизы (140–150 г/дм³) в пределах нефтяных полей Литвы и Латвии [20].

Нарушение гидростатической уравновешенности по профилю «погруженные части бассейна – склоны бассейна» возможны (и наблюдаются) в случаях появления в погруженных частях бассейнов зон открытой (конвективной) разгрузки подземных вод, что связывается, как правило, с тектоническим оживлением разломов или же с появлением эффекта «опрокидывания» бассейна вследствие увеличения угла наклона одного из его крыльев (см. ниже).

1.3. Покровные материковые оледенения

Обязанная своим происхождением процессам термобарической дифференциации вязко-пластического субстрата верхней мантии [6], а значит, и конвективным процессам перераспределения энергии и вещества последней, гидросфера Земли, ее объем и геохимический облик, таким образом, непосредственно связаны с геодинамикой земной коры и верхней мантии [31]. Наиболее ранним свидетельством существования водных бассейнов на поверхности Земли могут служить древние осадочные породы (бурый железняк) с возрастом $2,76 \pm 0,07$ млрд лет, обнаруженные в юго-западной Гренландии [13].

С появлением на поверхности Земли обширных водных пространств неизмеримо возрастает интенсивность атмосферных циркуляций и перераспределения влаги в составе воздушных масс, в разрезе древних осадочных формаций прослеживаются характерные свидетельства (тиллиты и пр.) былых и неоднократных оледенений. В соответствии с представлениями В. Е. Хайна [35], имели место следующие крупные оледенения: поздний архей 2,9 млрд лет назад (Южная Африка), поздний архей (2,53 млрд лет) Восточной и Центральной Африки; ранний протерозой 2,4–2,2 млрд лет (Канадский щит), средний протерозой 1,1–1,0 млрд лет (Канадский щит, Западная и Центральная Африка); поздний рифей 740–720 млн лет (почти повсеместно); ранний венд 620–600 млн лет (большинство континентов, в том числе и на территории Беларуси); граница венда и нижнего кембрия 454 млн лет (Северная и Южная Америка, Западная Африка); поздний ордовик – ранний силур 445–429 млн лет; поздний девон – ранний карбон 363–353 млн лет; поздний палеозой 338–256 млн лет; поздний кайнозой 38 млн лет по настоящее время (Антарктида, Гренландия). Таким образом, в течение 3 млрд лет истории Земли произошло примерно 11 крупных оледенений, сменившихся эпохами потеплений, схода ледниковых покровов и формирования огромных масс талых вод и атмосферных осадков. Так, по оценкам В. А. Кирюхина [15], среднегодовые температуры времени отступания ледников (межледниковый) увеличивались до $8\text{--}13^{\circ}\text{C}$, а количество выпадающих атмосферных садков возрастало до 1000–1400 мм в год.

В соответствии с изотопными исследованиями, время пребывания пресных подземных вод в разрезе водоносных горизонтов всего мира укладывается в пределы от первых лет до 5–25 тыс. лет, что свидетельствует об их образовании в период одного из четвертичных континентальных межледниковых [14, 15]. По мнению данных авторов, наибольшее значение в формировании современной зоны пресных подземных

вод Русской равнины (центр и восток Восточно-Европейской платформы) имела валдайская эпоха оледенений с максимальным развитием ледникового покрова вплоть до 48° с.ш. (Киев–Волгоград) в последние 17–20 тыс. лет. В период климатического оптимума (8–4,5 тыс. лет назад) произошло полное исчезновение ледниковых масс и площадное отступание многолетней подземной мерзлоты в направлении северных районов Русской равнины.

2. Четвертичные оледенения, неогеодинамика и становление современной гидрогеологической обстановки на территории Беларуси

Формирование первичной гидросферы (в том числе «подземной») территории Беларуси следует, по-видимому, связывать с историей тектонических элементов фундамента, начиная с доплитных этапов развития, а именно – с раннерифейского этапа осадкообразования [27], рассматривая осадкообразование как процесс формирования мощных водовмещающих толщ.

Современная же подземная гидросфера Беларуси сформирована, как и в пределах Русской равнины, в неоплейстоценовую эпоху оледенений с их поозерским, сожским и днепровским пароксизмами оледенений, муравинским и шкловским межледниками (табл. 1) и голоценовым потеплением климата.

Таблица 1. Региональная стратиграфическая схема четвертичных (плейстоценовых) отложений Беларуси (по [5] с упрощениями)

Возраст, млн лет	Система	Раздел	Подраздел (горизонты и надгоризонты)		
0,01	Четвертичная	Голоцен	Голоценовый		
0,13			Поозерский*		
0,73		Неоплейстоцен	Муравинский**		
			Сожский*		
			Шкловский**		
			Днепровский*		
			Александрийский**		
		Мезоплейстоцен	Березинский*		
			Могилевский**		
			Нижнинский*		
			Беловежский**		
			Минский надгоризонт:		
1,65		Эоплейстоцен	Ясельдинский*		
			Корческий**		
			Наревский*		
Неогеновая система			Брестский надгоризонт		
			Гомельский надгоризонт		

*Ледниковые и **межледниковые горизонты.

Как известно, четвертичная подстадия неотектогенеза совпадает по времени с эпохами многократного распространения из Фенноскандинавского центра на Восточно-Европейскую платформу покровных материковых оледенений, чередовавшихся с межледниками [24, 38]. Ледниковые покровы, мощность которых достигала 2500 м в области питания и 300–500 м на большей части платформы [26], вызвали заметную гляциогенную переработку структуры слоев верхней части платформенного чехла, активизировали многие разрывные нарушения более древнего заложения, сформировали ледниковую формацию, которая имеет мощность до 300 м и

более и на обширных площадях слагает большую часть геологических разрезов, сформировавшихся в течение неотектонической стадии. Имеется ряд геологических свидетельств тому, что каждый ледниковый покров на трангрессивной стадии приводил к гляциоизостатическому опусканию занимаемой им площади, а на регressiveй – к ее вздыманию. Размах этих движений мог достигать многих десятков метров, что, несомненно, оказывало существенное влияние на подземную гидросферу [26].

В среднем плейстоцене началось заложение котловины Балтийского моря и формирование Черноморско-Балтийского водораздела

[25, 8]. За последние 0,4 млн лет в восточной части котловины Балтийского моря (район Ботнического залива и Восточно-Голландской впадины) амплитуда нисходящих движений составила не менее 150–200 м, что обусловило появление неотектонического перекоса в сторону Балтики. Тенденция к прогибанию Балтики сохраняется вплоть до наших дней, вызывая постепенное смещение главного Черноморско-Балтийского водораздела к юго-востоку и перестройку гидрографической сети региона [25]. Одновременно продолжалось поднятие Украинской и Воронежско-Тверской антеклиз и смежных с ними участков Белорусско-Балтийской синеклизы, при этом исходная опорная поверхность (подащша морских олигоценовых отложений) испытала неравномерное неотектоническое поднятие с амплитудой до 150–170 м. Наиболее существенное воздымание (свыше 100 м) претерпели две области. Одна из них расположена на юге республики и соответствует северным склонам Украинского щита, Микашевичско-Житковичскому выступу, а также прилегающим к ним участкам Припятского прогиба, Полесской седловины, Подляйско-Брестской впадины и Луковско-Ратновского горста (новейшая Припятская ступень). Другая область тяготеет к западным склонам Воронежской антеклизы (новейшая Смоленская ступень).

В связи с увеличением уклонов и, как следствие, скоростей движения подземных вод в разрезе указанных ступеней, неотектогенез, несомненно, сыграл важную роль в формировании новейшей гидрогеологии запада Восточно-Европейской платформы. С позиций подземной гидродинамики, возникновение значительной разницы в гипсометрическом положении высокоподнятых возвышенностей и смежных с ними низин означало появление высоких гидростатических напоров или, другими словами, областей высоконапорного водного питания для подстилающих геологических формаций. В этом смысле плейстоценовый этап в гидрогеологии региона – этап, с которым связано формирование близкой к современной структуры зоны активного водообмена. Вместе с тем плейстоцен знаменуется многократным распространением из Фенноскандинавского центра на запад Восточно-Европейской платформы покровных материальных ледников, отступавших в эпохи межледниковых (см. табл. 1). Ледниковые покровы вызвали заметную гляциогенную переработку структуры геологических слоев верхней части платформенного чехла, активизировали многие разрывные нарушения более древнего заложения, сформировали ледниково-моренную формацию, которая имеет мощность до 300 м и более и на обширных площадях слагает большую часть геологического разреза, сформировавшегося в новейшее время. С появлением (мгновенным в геологическом

смысле) этих отложений и оформлением их в морфоструктуры высокоподнятых возвышенностей окончательно оформляется инициированный неогеодинамическими поднятиями Припятской и Смоленской ступеней новейший этап в региональной гидрогеологии Беларуси. Формируется близкая к современной региональная подземная гидродинамика, естественные ресурсы и качество подземных пресных вод.

Согласно классификации природных вод по минерализации [33], принято различать пресные (менее 1 г/дм³), соленые (1–35 г/дм³) воды и рассолы (более 35 г/дм³). На территории Беларуси встречаются воды и рассолы всех трех классов (типов), причем известны рассолы с солесодержанием более 400–450 г/дм³ [22]. В соответствии с традициями и нормами водопользования, первый из этих типов вод применяется преимущественно для питьевого водопотребления, второй – в качестве бальнеологически активных минеральных вод, третий рассматривается и может использоваться в качестве гидрохимического сырья для промышленного получения редких и расеянных элементов и их соединений.

Пресные подземные воды связаны с тремя повсеместно выдержаными на территории Беларуси водоносными комплексами (верхнепротерозойских отложений и верхней трещиноватой зоны кристаллического фундамента, девонских отложений, отложений четвертичной системы), а также водоносными комплексами кембрисилурийских, силурийско-ордовикских, каменноугольных, пермско-триасовых, юрско-меловых и палеоген-неогеновых образований фрагментарного распространения. Из названных только водоносный комплекс четвертичных отложений целиком представлен пресными водами питьевого регистра, в разрезе более древних отложений пресные воды приурочены к верхним, хорошо промытым частям водоносных комплексов и с глубиной сменяются минерализованными водами и рассолами.

Впервые вопрос о глубинной позиции границы раздела пресных (< 1 г/дм³) и более минерализованных (> 1 г/дм³) подземных вод обсуждался [3] в связи с проблемой гидрогеологической зональности территории Беларуси. Было установлено, что мощность зоны активного водообмена варьирует в зависимости от геологоструктурных и гидродинамических условий недр от 50 до 400 м, а наименьшей мощности зоны (50–150 м) связаны с долинами Западной Двины (участок Новополоцк – Верхнедвинск) и Березины (Березино–Паричи).

Современная структура слоя пресных подземных вод Беларуси представлена картасхемой (рис. 4), составленной [23, 21] на основе материалов гидрохимического опробования и геофизических исследований скважин (использовались диаграммы стандартного электрокарота-

жа и гамма-каротажа 400 опорных скважин). В соответствии с картой-схемой, максимальные мощности слоя пресных вод (более 450 м) свойственны наиболее поднятым участкам Белорусской антеклизы (преимущественно Гродненская область), менее значительные мощности (300–400 м) тяготеют к метастабильным тектоническим элементам Московской синеклизы, Брестской впадины, северной периферии Украинского кристаллического щита и Брагинско-Лоевского выступа. Минимальные мощности (менее 150 м)

пресных подземных вод зафиксированы в зонах дизьюнктивных нарушений районов Микашевичского выступа, восточной периферии Белорусской антеклизы и ряда геологических структур на севере и северо-западе республики.

Общий объем пресных вод питьевого регистра варьирует в пределах 7852,9–10 470,5 км³ площадь зон с их минимальной мощностью (менее 150 м) превышает 12 % от общей площади Беларуси (табл. 2).

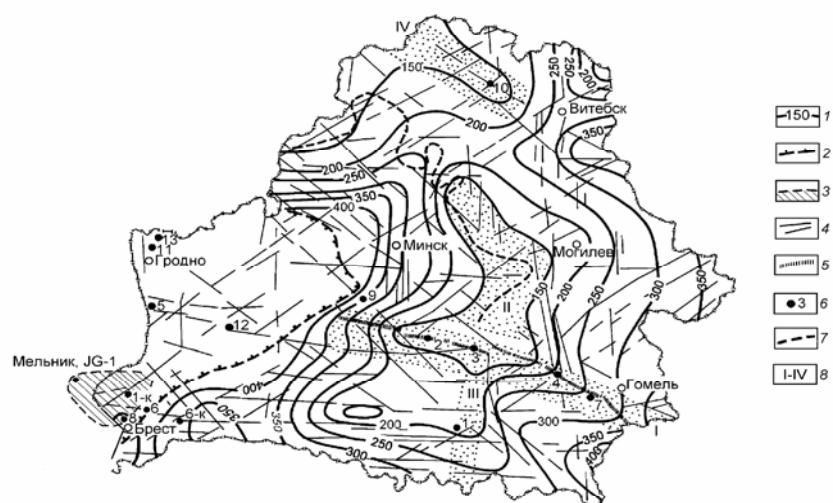


Рис. 4. Карта-схема мощности слоя пресных подземных вод на территории Беларуси:
1 – изолинии глубин залегания подошвы слоя пресных подземных вод, м; области развития слоя пресных вод мощностью более: 2 – 450 м; 3 – 1000 м; 4 – разнопорядковые разломы;
5 – Северо-Припятский разлом; 6 – характерные гидрогоеохимические аномалии; 7 – зона выклинивания сульфатно-доломитово-мергельной гипсонасной пачки наровского горизонта;
8 – наиболее крупные зоны разгрузки глубинных минерализованных вод:
I – Северо-Припятская; II – Березинская; III – Уборть-Птичская; IV – Западно-Двинская

Таблица 2. Объем тела пресных подземных вод на территории Беларуси

Мощность слоя, м	Площадь распространения		Объем, км ³	
	квадратные километры	относительно территории Беларуси, %	водовмещающих пород	пресных вод (коэффициент водоотдачи 0,15–0,2)
Более 400	36 544,00	17,60	14 617,60	2192,64–2923,52
350–400	16 865,92	8,12	5903,07	835,46–1180,61
300–350	35 316,48	17,02	10 594,90	1589,23–2118,98
250–300	31 980,96	15,40	7995,24	1199,28–1599,05
200–250	30 883,52	14,88	6176,24	926,50–1235,34
150–200	30 786,08	14,83	4617,91	692,69–923,58
100–150	23 721,28	11,43	2372,13	355,82–474,43
Менее 100	1501,76	0,72	75,09	11,26–15,02
Итого	207 590,00	100,00	52 352,64	7852,90–10470,53

Пространственная структура и объем слоя пресных подземных вод сформированы в результате совместного проявления сложного комплекса палеоклиматических, тектонических и гидрогеологических процессов. Большинство выявленных районов с минимальными мощностями пресных вод пространственно совпадают с зонами сочленений относительно приподнятых Припятской и Смоленской ступеней с Белорусской антеклизой (шарнирно-дизъюнктивные сочленения) или же с участками неогеодинамических опусканий, осложненных узлами пересечений региональных разломов (долина Западной Двины – Западно-Двинская зона разгрузки подзем-

ных вод и др.). Обширная зона осолонения подземных вод с уменьшением мощности (толщины) слоя пресных вод сформирована над зоной выклинивания относительно водоупорной гипсоангидритовой пачки наровского горизонта (рис. 4, 5). Это связано [23] с интенсивной вертикальной конвективно-диффузационной миграцией минерализованных вод и водорастворенных солей из под кромки пачки вследствие «опрокидывания» водо- и рассолоносных комплексов Оршанской впадины в сторону свода Белорусской антеклизы под влиянием неотектонических поднятий Воронежско-Тверской моноклинали (Березинская зона разгрузки подземных вод).

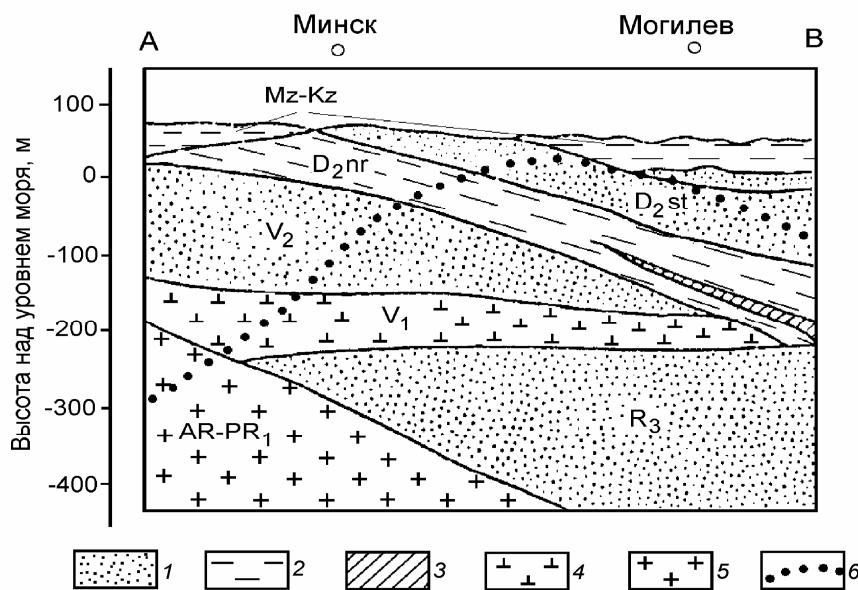


Рис. 5. Геолого-гидрогеологический профиль по линии Могилев – Минск (см. рис. 4):
породы: 1 – терригенные; 2 – терригенно-карбонатные; 3 – сульфатные (гипсоангидритовая пачка);
4 – вулканогенно-терригенные; 5 – кристаллического фундамента; 6 – граница раздела пресных
(менее 1 г/дм³) и минерализованных (более 1 г/дм³) подземных вод

По механизму «опрокидывания» (в данном случае рассолоносных комплексов Припятского прогиба на север) сформирована и мощная Северо-Припятская зона разгрузки глубинных вод, приуроченная к Северо-Припятскому разлому (см. рис. 4) и отчетливо проявляющаяся гидрохимическими аномалиями 2–4,7 (табл. 3). Особенно мощный очаг разгрузки соленых подземных вод в пределах Северо-Припятской зоны (аномалия 3) тяготеет к району пересечения этой зоны долиной р. Птич.

Обращает на себя внимание гидрохимическая индифферентность Южно-Припятского глубинного разлома на участке, ограниченном меридианами Микашевичи на западе и Копатке-

вичи – на востоке (междуречье рр. Случь и Птич). Отсутствие здесь явных признаков разгрузки высокоминерализованных подземных вод свидетельствует, по-видимому, об интенсивном геодинамическом сжатии зоны разлома вследствие мощного горизонтального стресса со стороны вздымающегося Карпатского орогена. Справедливость подобного предположения подтверждается положениями изобазы 100 м неотектонического поднятия и изолиний скоростей современных вертикальных движений, индифферентных по отношению к Южно-Припятскому разлому, но активно «реагирующих» на Северо-Припятский [8, 36].

Таблица 3. Химический состав минерализованных вод некоторых очагов разгрузки разновозрастных водоносных горизонтов, а также подземных вод, вскрытых буровыми скважинами

Номер водо-пункта на рис. 4	Место отбора пробы воды	Объект, глубина отбора пробы и возраст вмещающих пород	Дата обследования	рН	Ионный состав, мг/дм ³						Общая минерализация, г/дм ³	
					HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁺	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺		
1	Петриковский р-н, д. Велавск	Скв., 9,6 м, аlV	1947	7,8	225,7	30,9	1095,1	101,1	14,4	634,8	2,11	
2	Стародорожский р-н, д. Солон	Шурф, 0,4 м, аlV	1947	8,3	244,1	36,0	1415,0	73,6	33,8	876,5	2,68	
3	д. Поблин, на пойме р. Птич	Шурф, 3,0 м, аlV	1938	н.с.	86,1	148,0	1744,0	22,8	81,0	802,9	2,88	
	д. Поблин	Скв., 84,5 м, Р-N	1939	н.с.	169,8	3,9	4143,5	990,5	261,3	1300,0	6,87	
	д. Березовка, на пойме р. Птич	Скв.6, 2,5 м, аlV	1938	н.с.	418,4	133,4	1574,8	338,1	91,9	788,0	3,5	
	д. Выюнище	р.Черновка	1938	н.с.	300,8	167,1	2211,6	351,5	132,5	995,6	4,16	
	д. Розневичи	оз.Соленое	1938	н.с.	314,0	845,3	8307,2	1057,0	345,1	68,5	10,9	
4	Жлобинский р-н, д. Толстыки	скв., аlV	1968	7,0	329,4	168,7	2297,0	150,4	40,5	1450,0	4,44	
5	Гродненская обл., г.п. Свислочь	Скв. 1, 495-549 м, AR-PR ₁	1992	7,41	120,78	74,93	3598,53	342,66	125,25	1782,5	6,12	
6	Жабинковский р-н, санаторий «Буг»	Скв. 3, 852-1128 м, PR ₂ rt	1988	7,6	18,0	544,0	27656,0	4930,0	73,0	12453,0	45,8	
7	Речицкий р-н, д. Остров, подворье МТФ	Скв., 70 м, Р	1989	7,8	167,1	302,6	3169,2	266,5	64,4	1891,3	5,86	
8	г. Брест, сан.-проф. Брестского отд. БЖД	Скв.1, 1171,6-1280 м, PR ₂ rt	1980	7,3	—	—	—	—	—	—	3,0	
9	Копыльский р-н, д. Песочное	Скв., 94 м, AR-PR ₁₋₂			8,1	284,0	79,0	542,0	46,0	24,0	389,0	1,36
10	Полоцкий р-н, д. Литвиново	Скв., 110-120 м, D	02.09.66		280,6	408,6	802,4	181,0	70,8	530,7	2,27	
11	Гродненская обл., сан. «Поречье»	Скв.13, 272,4-355 м, AR-PR ₁	1989	7,69	100,0	72,0	3241,0	442,0	166,0	1059,0	5,15	
12	Ивацевичский р-н, д. Рацкевичи	Скв.1, 276-336 м, AR-PR ₂	1996	7,2	189,1	272,4	1683,3	45,8	19,1	1229,5	3,6	
13	Гродненская обл., д. Привалка	Скв.5, 279,5-284,5 м, AR-PR ₃	12.03.79	6,2	42,2	57,6	19423,3	4609,2	1191,7	5112,7	30,44	
1-к	с-з г. Брест, Кустинская опорная скв.	Скв. 1-к, 935-950 м, € ₂₋₃	1968	8	292,8	4,94	65,26	52,1	7,66	81,32	0,5	
		1078-1090 м, € ₂₋₃		7,8	237,9	—	25,26	60,52	5,11	27,5	0,36	
		1265-1272 м, € ₂₋₃		7,9	183,0	0,82	617,88	133,67	21,52	276,6	1,12	
		1315-1325 м, € ₂₋₃		7,4	124,4	—	1165,23	205,61	29,79	510,7	2,03	
6-к	г. Кобрин, в 10 км юго-восточнее	Скв. 6-к, 610-640 м, PR ₃ rp	1968	7,2	90,8	241,2	6959,2	408,8	216,0	3686,1	11,6	

Еще одна крупная зона разгрузки подземных вод – Убортъ-Птичская – сформирована вследствие глубокого дренирования подземных вод мезозойско-кайнозойской части геологического разреза Припятского прогиба долинами рек Птич и Убортъ (см. рис. 4).

Несколько иным представляется механизм формирования аномально высоких мощностей слоя пресных подземных вод, достигающих 400–450 м в сводовых частях Белорусской антеклизы (Минская и Ошмянская ледниково-моренные возвышенности) и даже 1000 м — в разрезе Подляйско-Брестской впадины (см. рис. 4). Чтобы установить этот механизм, обратимся к гидро-геологии (водоносности) четвертичных отложений, региональной гидрогеологии и палеогидро-геологии Белорусской антеклизы.

Четвертичные отложения практически сплошным чехлом покрывают всю территорию Беларуси. Их мощность варьирует от нескольких до 300 м и более, составляя в среднем 80 м. Наименьшая мощность четвертичных отложений наблюдается в Белорусском Полесье и в восточной части республики в пределах Оршанско-Могилевской равнины (в среднем 20–60 м), на крайнем севере и северо-востоке Белорусского Поозерья (30–50 м), а также в пределах почти всей Центрально-Березинской равнины (40–80 м). Наибольшие мощности отложений прослеживаются в центральной и северо-западной частях республики, в пределах которых расположены возвышенности Белорусской гряды (Гродненская, Волковысская, Слонимская, Новогрудская, Минская, Ошмянская, Лукомльская и др.) с высотами в среднем от 120 до 240 м (максимум 325 м), а также Свенцянская и Оршанская гряды: от 100 до 250 м. В пределах аккумулятивных равнин на периферии Белорусской гряды мощности четвертичных отложений составляют в основном 80–120 м [32]. В водоносных горизонтах и комплексах четвертичных отложений формируется третья часть всех возобновляемых запасов пресных подземных вод республики.

Необходимо отметить, что проблемы формирования пресноводной части гидрохимического разреза Беларуси и, в частности, Белорусской антеклизы могут и должны рассматриваться на основе специального анализа материалов по новейшей тектонике и геодинамике Центральной Европы [8]. Однако так сложилось исторически, что первые серьезные попытки решения данных проблем предприняты [4] с использованием геолого-гидрогеологической информации, касающейся только (и только!) геологической структуры Белорусской антеклизы и ее ближних погружений. В соответствии с этими данными, весь комплекс осадочных образований, перекрывающих кристаллический фундамент в пределах наиболее приподнятой части Белорусской антеклизы (четвертичные и меловые отло-

жения, сохранившиеся фрагменты горных пород N-P, J₃, P, O, S, €, PR₂), содержит пресные воды до глубин 300 м и более. Пресные воды свойственны и породам верхней трещиноватой зоны кристаллического фундамента, за исключением отдельных проявлений подземных вод с минерализацией более 1 г/дм³ (г.п. Ивацевичи, 1,6 г/дм³, д. Бершты, 1,5 г/дм³ и др.). Показано также, что эти же комплексы отложений и кристаллические породы фундамента в пределах моноклинали, погружающейся в сторону Прибалтийской впадины (территория Литвы), весьма слабо промыты и на глубинах 300–600 м содержат подземные воды с минерализацией до 50–52 г/дм³ (K – до 24 г/дм³, д. Перлоя; P₂ – до 45,37 г/дм³, д. Иглай; P₁ – до 25,59 г/дм³, д. Перлоя и 41,33 г/дм³, д. Иглай; O и S – до 45,45 г/дм³, д. Иглай; €₁₋₂ – до 46–50,73 г/дм³, д. Иглай; PR₂ – до 52,35 г/дм³, д. Иглай; A-PR₂ – до 50–64 г/дм³, д. Иглай).

Опустив весьма длинный перечень палеотектонических и палеогидрогеологических событий и следствий, сформировавших современную геолого-гидрогеологическую структуру Белорусской антеклизы [4], отметим, что к началу плейстоцена практически вся антеклиза была перекрыта фрагментарно развитыми преимущественно терригенными эфузивными и туфогенными образованиями позднего протерозоя и венда, морскими отложениями кембрия, ордовика и силура (Прибалтийская моноклиналь), девона (восточные и северные погружения фундамента; пярнуско-наровское и лужское время), юры (крайние юго-западные склоны антеклизы) и верхнего мела (сеноман, турон, коньак, сантон и кампан на крайнем юго-западе антеклизы). Все эти отложения, судя по набору литофаций [9], формировались в условиях морских бассейнов с нормальной или пониженной соленостью воды и только ордовикские, силурийские и девонские – в бассейнах с повышенной и очень высокой (девон, пярнуско-наровские отложения) соленостью вод. Все вышеупомянутое говорит о том, что в предплейстоценовое время всему набору литофаций, развитых в пределах Белорусской антеклизы, были свойственные подземные воды с соленостью до 30–40 г/дм³ и только высокоподнятым и хорошо промытым блокам пород – воды меньшей минерализации. Не исключено также, что в разрезе почти повсеместно развитых (в сводовой части антеклизы) меловых отложений имела место маломощная зона интенсивного водообмена со свойственными ей пресными водами.

Гидрогеологическая и гидрохимическая ситуации резко меняются, начиная с сожского и днепровского оледенений, когда на территории Белорусской антеклизы появились мощные высокоподнятые (по-видимому, до 350–400 м относительно уровня моря) гряды конечно-моренных отложений, изначально содержащих пресные воды. Основные контуры этих гряд сохранились

до настоящего времени в виде регулярно выстроенных и провисающих к югу поясов возвышенностей северо-восточного простирания (Волковысской, Новогрудской, Минской, Ошмянской, Оршанской, Свенчянской и Витебской).

С позиций гидродинамики, единовременное (в геологическом смысле) появление высокоподнятых конечно-моренных гряд на относительно пенепленизированном предплейстоценовом субстрате означало внезапное (единовременное) появление области (зоны) дополнительных гидростатических напоров (до 3,5–4 МПа), обеспечивших последующее (по крайней мере, в течение 130–150 тыс. лет) интенсивное промывание нижележащих отложений

платформенного чехла, от неогенпалеогеновых и меловых до архей-протерозойских в пределах наиболее высокоподнятой части Белорусской антеклизы. Наличие здесь пьезометрических максимумов обусловило и промывание пресными водами узкого блока кемброСиурийских отложений Подлясско-Брестской впадины в зоне между Высоковским и Кустинским разломами (Кустинская и Прибугская площади) до глубины 1000 м (см. рис. 4), что стало возможным после неогеодинамического «оживления» контролирующих долину р. Буг разломов [32], обеспечивших разгрузку первично-морских седиментационных вод кембрия, ордовика и силура в речную систему Буга (рис. 6).

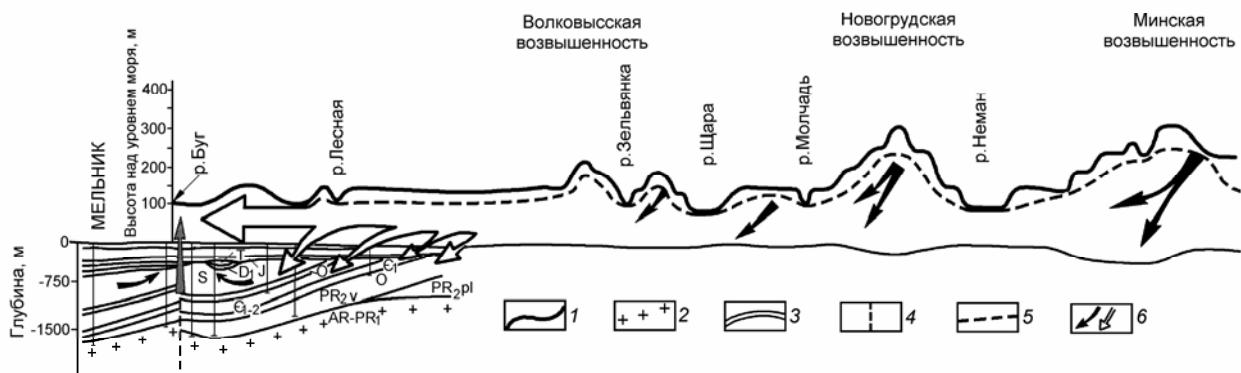


Рис. 6. Схематический геолого-гидрогеологический разрез по профилю Белорусская антеклиза – восточная часть Подлясско-Брестской впадины:
1 – профиль земной поверхности по линии Минская возвышенность – долина р. Буг в районе г. Высокое; 2 – кристаллический фундамент; 3 – границы геологических формаций;
4 – тектоническое нарушение по долине р. Буг; 5 – уровень грунтовых вод;
6 – направления потоков подземных вод

Вывод об узкоблоковой промытости кемброСиурийских отложений основан на следующих гидрогеохимических материалах:

- широкое развитие пресных (до 1–2 г/дм³) подземных вод в разрезе Прибугской и Кустинской брахиантеклиналь до глубины 1000 м [34];

- в нескольких километрах западнее-северо-западнее скважины 1-к (Кустинская опорная) на территории Польши в скважине «Мельник» в отложениях нижнего кембрия и верхнего протерозоя (1580–1790 м) вскрыты высокоминерализованные воды (до 17,4 г/дм³) и рассолы (55 г/дм³) хлоридно-натриево-кальциевого типа [40–42], что может расцениваться как свидетельство северо-западного ограничения пресноводного бассейна подземных вод в разрезе кемброСиурийско-ордовикских отложений;

- о юго-восточном ограничении пресноводного бассейна в указанном комплексе пород свидетельствуют хлоридно-кальциевые рассолы (45,8 г/дм³), вскрытые скв. 3 в разрезе ратайчицкой свиты верхнего протерозоя (852–1128 м), а также воды повышенной минерализации (9,3–11,6 г/дм³) в средне- и верхнепротерозойских отложениях, вскрытых на глубинах от 610 до 1280 м скважинами 1 и 6-к (см. рис. 4).

Столь мощный (до 1000 м) пресноводный гидрогеохимический разрез, свойственный Подлясско-Брестской впадине, с позиций региональной гидрогеологии представляется уникальным для территории республики.

На остальной части Беларуси, где гидродинамическое воздействие высокоподнятых форм плейстоценового рельефа на подстилающие осадочные породы и породы кристалличес-

ского фундамента было минимальным, в последних сохраняются соленые воды и рассолы различного состава и происхождения, от седиментогенных до остаточных (реституционных) вод процессов метаморфизма PR₁-AR горных пород кристаллического фундамента [20].

Высказанную здесь и ранее [19, 21] гипотезу происхождения мощного пресноводного разреза в кембрийско-меловом комплексе Подляско-Брестской впадины за счет его промывания пресными водами со стороны Белорусской антиклизы подтверждают материалы польских гидрогеологов [40–42]. Особенно ясно это становится при рассмотрении карты З. Плохниевского [42] подземных вод кембрия, из которой следует, что между Карпатской горно-складчатой областью и Подляско-Брестской впадиной в кембрийских отложениях содержатся рассолы с минерализацией более 200 г/дм³. Этим обстоятельством практически исключается из рассмотрения какое-либо участие Карпат в формировании мощного пресноводного разреза в кембрии Подляско-Брестской впадины.

О неоплейстоцен-голоценовом времени формирования пресных подземных вод Беларуси свидетельствуют и материалы по распределению изотопного состава углерода (¹⁴C и δ¹³C) в питьевых водах из водозаборов Минска (четвертичный и верхнепротерозойский водоносные комплексы) и Гомеля (меловой и палеогеновый водоносные горизонты). Наиболее древним «радиоуглеродным» возрастом (временем пребывания в водоносном горизонте) отличаются пресные воды верхнепротерозойских отложений района Минска (12–14 тыс. лет). Более широкий возрастной диапазон (7–15 тыс. лет) свойственен пресным водам меловых отложений зоны сочленения Припятского прогиба и Воронежской антиклизы (район Гомеля). При этом установлено, что водам древних и глубокозалегающих отложений характерны и более древние радиоуглеродные датировки (например, для PR₂ от 4 до 13–14 тыс. лет), водам меловых, палеогеновых и четвертичных отложений – все уменьшающиеся «радиоуглеродные» возрастные метки, вплоть до современных [29, 30, 39].

Сход мощных континентальных ледников, с физической точки зрения, означал снятие

весьма значительных геостатических нагрузок с земной коры, что приводило к декомпрессионному раскрытию порового и порово-трещинного пространства горных пород и, как следствие, к вертикальному инфильтрационному погружению подземных вод в соответствии с эффектами «засасывания». В этой связи представляет интерес обнаружение в составе «миграционных» комплексов микрофоссилий подземных вод форм, более молодых относительно комплексов вмещающих пород. В подземных водах триасовых отложений Шунгайской площади (Прикаспийская впадина) в комплексе растительных микроостатков установлена пыльца покрытосеменных растений, определяемая как *Betula*, *Salix*, *Corylix*, *Querus* [28] и характерная, по мнению Н. С. Некряты, для палеогена. Еще более значительная амплитуда вертикального погружения (?) подземных вод установлена в Припятском прогибе, где в верхнедевонских D_{3zd-el} рассолах Даудовской площади (скв. 19, 2990–3000 м) наряду с микрофоссилиями девона и раннего палеозоя обнаружены зерна пыльцы хвойных (родов *Pinus* и *Picea*) третичного и четвертичного возраста. По Л. И. Шаповал [37], подобный комплекс пыльцы сформирован в период отступления ледника, когда воздымавшиеся «приповерхностные» толщи должны были вобрать огромные объемы талых ледниковых вод, которые могли проникать до глубокозалегающих водоупоров» (с. 227).

Вышеизложенное позволяет подчеркнуть определяющую роль плейстоценовых покровных материковых оледенений и межледниковых в формировании современной гидрогеологической обстановки на территории Восточно-Европейской платформы и, в частности, в пределах геологического региона Беларуси. Роль и значение гляциологического фактора в становлении и эволюции пресноводной подземной гидросферы изучено, к сожалению, крайне слабо, что ставит перед гидрогеологами ряд новых проблем, исследование которых, несомненно, будет способствовать получению нового знания, рациональному природопользованию и экологоприемлемому разноцелевому освоению подземных вод.

Литература

1. Архангельский, Б. Н. Промышленные рассолы Русского артезианского бассейна (распространение, формирование, геологические запасы) / Б. Н. Архангельский // Тр. ВСЕГЕИ. Нов. серия. Л., 1968. Т. 134. С. 35–56.
2. Богомолов, Г. В. К вопросу о закономерностях распространения подземных вод в пределах Русской платформы / Г. В. Богомолов // Проблемы гидрогеологии. Докл. к собранию Междунар. ассоц. гидрогеологов. М., 1960. С. 52–59.

3. **Богомолов, Г. В.** Подземные воды / Г. В. Богомолов, М. Ф. Козлов // Комплексное геолого-геофизическое, геохимическое и гидрогеологическое изучение земной коры Белоруссии. Минск, 1969. С. 59–66.
4. **Богомолов, Г. В.** Гидрогеология Белорусского кристаллического массива / Г. В. Богомолов, О. Н. Шпаков. Минск, 1974.
5. **Величкович, Ф. Ю.** Стратиграфическая схема четвертичных (антропогеновых) отложений Беларуси / Ф. Ю. Величкович [и др.] // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1966. Т. 4. № 5. С. 75–87.
6. **Виноградов, А. П.** Введение в геохимию океана / А. П. Виноградов. М., 1967.
7. **Вовк, И. Ф.** Рассолы кристаллического фундамента щитов / И. Ф. Вовк. Киев, 1982.
8. **Гарецкий, Р. Г.** Новейшая тектоника и геодинамика Центральной Европы / Р. Г. Гарецкий [и др.] // Геотектоника. 1999. № 5. С. 3–14.
9. **Геология Беларуси.** Минск. 2001.
10. **Гидрогеология СССР.** Белорусская ССР. М., 1970. Т. 2.
11. **Гидрогеология СССР.** Сводный том. М., 1976. Вып 1.
12. **Духанина, В. И.** Закономерности распространения и формирования грунтовых вод Русской равнины // Проблемы гидрогеологии : Докл. к собр. Междунар. ассоц. гидрогеологов В. И. Духанина. М., 1960. С. 62–68.
13. **Кальвин, М.** Химическая эволюция / М. Кальвин. М., 1971.
14. **Кирюхин, В. А.** Общая гидрогеология / В. А. Кирюхин. Санкт-Петербург, 2008.
15. **Кирюхин, В. А.** Влияние четвертичного оледенения на формирование ресурсов пресных подземных вод / В. А. Кирюхин, Л. Норова // Проблемы водных ресурсов, геотермии и геэкологии : Материалы междунар. науч. конф., посв. 100-летию со дня рождения акад. Г. В. Богомолова. Минск, 2005. Т. 1. С. 112–114.
16. **Колодий, В. В., Кудельский А. В.** Гидрогеология горных стран, смежных прогибов и впадин / В. В. Колодий, А. В. Кудельский. Киев, 1972.
17. **Кудельский, А. В.** Гидрогеология, гидрогеохимия йода / А. В. Кудельский. Минск, 1976.
18. **Кудельский, А. В.** Гидрогеология западной части Сарматско-Туранского линеамента / А. В. Кудельский. Минск, 1987.
19. **Кудельский А. В.** Некоторые специфические особенности региональной гидрогеологии древней Восточно-Европейской платформы в связи с проблемами природопользования и экологии / А. В. Кудельский // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. Минск, 2003. № 4. С. 291–299.
20. **Кудельский, А. В.** Высокоминерализованные воды и рассолы в верхнепротерозойских отложениях и кристаллическом фундаменте древних платформ (на примере Восточно-Европейской платформы и территории Беларуси) / А. В. Кудельский // Литосфера. 2005. № 2(23). С. 9–21.
21. **Кудельский, А. В.** Гидросфера Беларуси на новейшем тектоническом этапе / А. В. Кудельский [и др.] // Докл. НАН Беларуси. 2000. Т. 44. № 6. С. 79–83.
22. **Кудельский, А. В.** Гидрогеология и рассолы Припятского нефтегазоносного бассейна / А. В. Кудельский [и др.]. Минск, 1985.
23. **Кудельский, А. В.** Пространственная структура слоя пресных подземных вод на территории Беларуси / А. В. Кудельский, О. Н. Шпаков, Л. Д. Лебедева // Докл. АН Беларуси. 1995. Т. 39, № 1. С. 105–108.
24. **Левков, Э. А.** Гляциотектоника / Э. А. Левков. Минск, 1980.
25. **Левков, Э. А.** Неотектоника Беларуси / Э. А. Левков, А. К. Карабанов // Літасфера. 1995. № 1. С. 119–126.
26. **Левков, Э. А.** О влиянии покровных материковых оледенений на гидрогеологические процессы в Припятской впадине / Э. А. Левков, А. П. Лавров // Докл. АН БССР. 1974. Т. 18. № 10. С. 921–923.
27. **Махнач, А. С.** Рифей и венд Белоруссии / А. С. Махнач [и др.]. Минск, 1976.
28. **Медведева, А. М.** Палинологическое изучение нефти / А. М. Медведева. М., 1978.
29. **Михайлов, Н. Д.** Изотопный состав углерода пресных подземных вод на территории Беларуси (в связи с оценкой их уязвимости) / Н. Д. Михайлов [и др.] // Литосфера. 2004. № 2(21). С. 157–161.
30. **Михайлов, Н. Д.** О естественной защищенности днепровско-сожского водоносного горизонта района Минска по данным распределения радиоуглерода в подземных водах / Э. А. Левков // Литосфера. 2005. № 2(23). С. 22–27.
31. **Монин, А. С.** История Земли / А. С. Монин. Л., 1977.
32. **Нечипоренко, Л. А.** Условия залегания и тектоническая предопределенность антропогенного покрова Белоруссии / П. А. Нечипоренко. Минск, 1989.
33. **Посохов, Е. В.** Минеральные воды (лечебные, промышленные, энергетические) / Е. В. Посохов, Н. И. Толстыхин. Л., 1977.
34. **Синичка, А. М.** Кустинская опорная скважина Брестской впадины / А. М. Синичка. Минск, 1970.
35. **Хайн, В. Е.** Великие оледенения, их число и причины // Основные проблемы современной геологии / В. Е. Хайн. М., 2003.
36. **Хотько, Ж. П.** Глубинное строение территории Белоруссии и Прибалтики по данным геофизики / Ж. П. Хотько. Минск, 1974.
37. **Шаповал, Л. И., Некрятья Н. С.** Микрофоссилии подземных вод девонских отложений Припятской впадины // Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии / Л. И. Шаповал, Н. С. Некрятья: Тр. БелНИГРИ. Минск, 1974. С. 221–228.
38. **Ehlers, J.** Allgemeine und historische Quartärgeologie. Stuttgart, 1994.

39. **Mikhajlov, N.** Carbon isotopic composition of groundwater in the territory of Belarus (in the context of its vulnerability estimation) // Geochronometria, Vol. 23. Poland, Wroclaw. 2004. P. 67–70.
40. **Michalski, T.** The influence of pleistocene glaciations on the thickness of the low-mineralized water zone in northeastern Poland // Hidrogeology in the Service of Man. Memoires of the 18th Congress of the Intern. Association of Hydrogeologists. Cambridge, 1985. P. 40–48.
41. **Plochniewski, Z.** Hydrogeochemical atlas of Poland 1:2 000 000. Edited by S. Turka, Warzawa. 1977.
42. **Plochniewski, Z.** Hydrochemical and hydrodynamic atlas of the paleozoic and mezozoic and ascending salinity of ground water in polish lowlands. 1:1 000 000. Edited by L. Bojarski.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 04.07.2012 г.

A. V. Кудельский

**ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ ДРЕВНЕЙ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ
И НЕОПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНОВАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЯ БЕЛАРУСИ**

Установлена определяющая роль плейстоценовых покровных материковых оледенений и межледниковой в формировании современной гидрогеологической обстановки на территории Восточно-Европейской платформы и, в частности, в пределах геологического региона Беларуси. Помимо геолого-гидрогеологических свидетельств о неоплейстоценовом и раннеголоценовом времени формирования пресных подземных вод Беларуси (15 тыс. лет и менее) свидетельствуют также материалы по распределению изотопного состава углерода (^{14}C и $\delta^{13}\text{C}$) в питьевых водах из водозаборов Минска (четвертичный и верхнепротерозойский водоносные комплексы) и Гомеля (меловой и палеогеновый горизонты).

A. V. Kudelsky

**UNDERGROUND WATER OF ANCIENT EAST-EUROPEAN PLATFORM
AND NEO-PLEISTOCENE-HOLOCENE HYDROGEOLOGY OF BELARUS**

The defining role of Pleistocene cover continent glaciations and interglaciations in the formation of modern hydro-geological situation on the territory of East-European platform and in the limits of geological region of Belarus in particular has been found.

The geology-hydrogeological evidences on Neo-Pleistocene and early Holocene period of the formation of fresh underground water of Belarus are also proved by the materials on the distribution of carbon isotopic composition (^{14}C and $\delta^{13}\text{C}$) in fresh water from water intakes of Minsk (Quaternary and High-Proterozoic water carrying complexes) and Gomel (Cretaceous and Paleogen horizons).

IV. БИОСФЕРНОСОВМЕСТИМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 662.642.2:662.732+553.06+662.67

И. И. Лиштван, П. Л. Фалюшин, В. М. Дударчик, В. М. Крайко

КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ И БУРЫХ УГЛЕЙ БЕЛАРУСИ И НАПРАВЛЕНИЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Приведены химические, теплотехнические и технологические характеристики горючих сланцев и бурых углей Республики Беларусь, определены направления их использования в энергетике и других отраслях народного хозяйства. Дан анализ наиболее перспективных технологий термохимической переработки указанных каустобиолитов с получением продуктов топливного и нетопливного назначения.

Республика Беларусь не обладает значительными запасами собственных природных топливно-энергетических ресурсов – обеспеченность ими составляет около 20 % от общего объема энергоресурсов для производства электрической и тепловой энергии. Однако мировой опыт показывает, что это обстоятельство не является непреодолимым препятствием для наращивания энергетического потенциала страны.

В настоящее время, когда импортируемое углеводородное топливо имеет высокую стоимость, поиск новых решений его частичной замены местными видами топлива, разработка и внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий их добычи и переработки особенно актуальны.

По оценкам рабочей группы по углю Комитета по энергетике Европейской экономической комиссии ООН, уголь обеспечивает примерно 27 % всего мирового производства энергии. Еще выше его значение в электроэнергетике – с использованием угля в мире производится примерно 44 % всей электроэнергии. Несмотря на значительные запасы нефти и газа в Российской Федерации, в соответствии с разработанной Минэнерго России долгосрочной Программой развития угольной отрасли, к 2030 г. добыча угля вырастет до 430 млн т (в 2011 г. добыча угля составила 336 млн т).

Освоение имеющихся в республике запасов бурых углей и горючих сланцев может оказать значительное влияние на топливно-энергетический комплекс республики и производство продуктов промышленного, сельскохозяйственного, химического и природоохранного назначения.

Горючие сланцы – твердое горючее низкокалорийное ископаемое топливо, состоящее из

минеральной и органической (кероген) частей. Органическая составляющая сланцев – 10–30 % от массы породы. Она является продуктом геохимических превращений сапропелевого материала простейших водорослей, микроорганизмов и высших растений. В сланцах самого высокого качества содержание керогена достигает 50 %. По степени углефикации органическое вещество горючих сланцев занимает промежуточное положение между буроугольной и длиннопламенной стадиями катагенеза.

Минеральная часть горючих сланцев имеет преимущественно глинисто-мергелистый состав. Глинистая составляющая представлена в основном гидрослюдой и монтмориллонитом, карбонатная – кальцитом и доломитом в различных соотношениях, но с более частым преобладанием кальцита. Карбонаты обычно чистые, иногда встречаются их железистые модификации.

Горючие сланцы в недрах образуют сланценосные формации в виде пластов мощностью от нескольких до сотен метров, чередуясь с другими породами с площадью распространения до нескольких тысяч квадратных километров.

Залежи горючих сланцев Беларусь сосредоточены в Припятском сланцевом бассейне, расположенному в южной части республики на площади около 20 тыс. км². Общие прогнозные запасы оценены в 8,3 млрд т, реальные промышленные – около 3,6 млрд т. Глубина залегания пластов колеблется от 50 до 600 м и более, мощность пластов – от 0,1 до 3,7 м. Основное количество горючих сланцев сосредоточено на двух месторождениях – Любанском (0,9 млрд т) и Туровском (2,7 млрд т). Последнее представляет более существенный интерес из-за боль-

шей мощности основного пласта и меньших глубин залегания [1, 6].

В 2006–2009 гг. в Институте природопользования НАН Беларуси проведены исследования по изучению свойств, химического состава и теплотехнических характеристик технологической пробы горючих сланцев западной части Туровского месторождения. В 2011 г. изучены технологические характеристики образцов горючих сланцев и проведены лабораторные испытания технологической пробы горючих сланцев, полученных при проведении предварительной разведки Яминского участка Любанского месторождения [2, 3].

Результаты изучения свойств, химического состава и теплотехнических характеристик технологической пробы горючих сланцев, отобранный в 2007 г. Белорусской геологоразведочной

экспедицией в западной части Туровского месторождения и отобранный в 2011 г. на Яминском участке Любанского месторождения, приведены в табл. 1.

Исследования показали, что горючие сланцы месторождений Беларуси не соответствуют по своим показателям качеству топлива для сжигания на электростанциях в исходном виде. Прочная связь органического вещества с минеральной составляющей не позволяет применять существующие методы обогащения горючих сланцев для получения концентратов с высоким содержанием керогена. Использование энергетического, а также химического потенциалов органической части горючих сланцев возможно путем их термической переработки в агрегатах соответствующей конструкции.

Таблица 1. Состав и свойства горючих сланцев технологической пробы

Показатель	Значение для пробы	
	Туровское месторождение	Любанское месторождение
Влажность W^a , %	3,9	2,4
Зольность A^d , %	79,6	72,5
Выход летучих веществ V^a , %	16,6	17,2
Содержание диоксида углерода карбонатов CO_2^d , %	2,3	11,0
Условная органическая масса $OB_{сл}$, проценты на сухое вещество	18,1	16,5
Элементный состав, проценты на сухое вещество:		
углерод,	10,1	8,3
в т. ч. органический	9,5	
водород,	3,7	2,2
азот,	0,3	0,24
сера общая,	2,7	1,9
кислород	3,6	3,8
Теплота сгорания Q^d_b , МДж/кг	5,75	6,73
Выход продуктов полукоксования, проценты на сухое вещество:		
Смола	9,5	11,5
Пирогенетическая вода	1,8	0,3
Зольный остаток	84,4	82,8
Газ	4,4	5,4

С целью обоснования новых технологий проведена серия экспериментов по термохимической переработке горючих сланцев Туровского месторождения с помощью следующих процессов: низкоскоростного пиролиза на установке в плотном слое; среднескоростного пиролиза на горизонтальной установке со шнековой подачей сырья; высокоскоростного пиролиза на вертикальной установке в падающем слое; пиролиза на установке с твердым теплоносителем.

Моделирование процессов термохимической переработки горючих сланцев на лабораторных установках по пиролизу в подвижном слое показало, что среднескоростной и высокоскоростной пиролиз в температурном интервале до 800 °C позволяет получать высококалорийный газ или синтез-газ с высоким содержанием монооксида углерода и водорода. На установке по пиролизу горючих сланцев с твердым теплоносите-

телем в температурном интервале 550–650 °C возможно получать максимальный выход жидких продуктов (до 10,5 %), а при повышении температуры пиролиза до 800 °C – полукоксовый газ различного состава. В качестве теплоносителя целесообразнее использовать золу горючего сланца, так как в данном процессе создаются условия для полного использования энергетического потенциала топлива и получения зольных остатков, наиболее пригодных для дальнейшего применения в промышленности и сельском хозяйстве.

Таким образом, для сланцев рекомендуется освоенная в других странах технология термической переработки с твердым теплоносителем на основе агрегатов УТТ-3000, производительностью около 1 млн т сланцев в год.

Данную технологию широко используют в настоящее время для переработки горючих

сланцев в Эстонии, России, Китае. Это единственный промышленно освоенный метод для переработки сланцевой мелочи. Установки УТТ-3000, созданные в промышленном масштабе (1980 г.), не имеют аналогов в мире. Опыт их эксплуатации показал, что энергетическая установка в составе двух агрегатов способна обеспечить высококачественным жидким и газообразным топливом энергоблок мощностью около 150 МВт. При переработке 500 тыс. т сланцев в год установка становится рентабельной, а при дальнейшем увеличении количества перерабатываемого сланца – прибыльной.

Эта технология наиболее эффективна для переработки белорусских горючих сланцев. Технологическая схема установки предусматривает получение сланцевой смолы и полуокислового газа, являющихся альтернативными заменителями нефти и природного газа. Дальнейшая их переработка обеспечивает получение моторного, котельного и газотурбинного топлива, а также ценного сырья для химического производства.

В качестве химического сырья могут использоваться продукты пиролиза газового бензина: легкие ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксиол, сольвент), олефиносодержащие технологические газы (этилен, пропилен и др.), а также продукты очистки подсмольных вод (фенолы, кетоны, основания и кислоты). В случае фракционирования сланцевого масла в химическом производстве дополнительно может применяться его легкая фракция для извлечения нормальных (прямоцепочных) олефиновых углеводородов и синтеза высококачественных поверхностно-активных или моющих веществ.

При переработке сланцев Туровского месторождения на УТТ-3000 производительностью 1 млн т/год выход продуктов составит: смолы – около 65 тыс. т, газового бензина – 9,6–10,6 тыс. т, горючего газа – 36–58 млн м³, пирогенетической воды – 21–29 тыс. т и золы – 740–800 тыс. т.

Вовлечение ресурсов месторождений горючих сланцев в промышленное освоение целесообразно только при условии полной утилизации зольных отходов в производстве строительных материалов, сельском хозяйстве, дорожном строительстве и других направлениях. В настоящее время проводятся работы по направлениям комплексной утилизации золы и ее использования в различных отраслях народного хозяйства. Данные исследования необходимо в будущем существенно расширить и довести до практической реализации.

Прогнозные общие запасы **бурых углей** Беларуси составляют около 2 млрд т: разведанные (балансовые экономически целесообразные класса Б1) около 160 млн т, в перспективе около 250 млн т; детально разведанные к настоящему времени – 100 млн т. Наиболее перспективными для промышленного освоения являются месторождения бурых углей в западной части Гомельской области – Житковичское, Бриневское и Тонежское. Средняя мощность пластов – 3–4 м, максимальная – 19,9 м, вскрыши – от 21 до 81 м [6].

Кроме указанных месторождений, выявлено Лельчицкое месторождение бурых углей. По имеющимся данным, прогнозные ресурсы этих углей составляют 250 млн т. Пласти имеют толщину 1,2–12,2 м, глубина залегания от 90 до 390 м. Запасы угля на участке «Северный» около 110 млн т, промышленные – 86 млн т, площадь 14 км².

Бурые угли Лельчицкого месторождения по степени метаморфизма (содержанию углерода в органической массе) приближаются к каменным углам и относятся к классу Б3 в отличие от землистых бурых углей марки Б1 Житковичского, Бриневского и Тонежского месторождений [4].

Результаты исследований показывают, что угли Лельчицкого месторождения класса Б3 по теплотехническим и химическим характеристикам существенно отличаются от землистых бурых углей Житковичского и Бриневского месторождений класса Б1 (табл. 2).

Таблица 2. Теплотехнические и химические характеристики бурых углей месторождений Беларуси

Показатель	Лельчицкое месторождение	Бриневское месторождение	Житковичское месторождение
Зольность, %	34,1	14,8	20,9
Влажность естественная, %	13,0	55,0	57,0
Выход летучих веществ, % на органическое вещество	48,9	54,0	55,4
Выход гуминовых веществ, % на органическое вещество	10,8	58,5	77,0
Выход битумов, % на органическое вещество	1,3	8,1	5,8
Элементный состав, % на органическое вещество:			
углерод	69,3	63,1	66,0
водород	4,7	6,2	4,9
азот	1,1	0,8	0,9
сера	2,0	1,0	0,6
кислород	22,9	29,1	27,6
Низшая рабочая теплота сгорания, МДж/кг	17,2	20,2	19,1

Установлено, что бурые угли Лельчицкого месторождения представляют собой твердые горючие ископаемые с более высокой степенью метаморфизма, чем угли неогенового периода формирования. Влажность углей составляет около 15 %, зольность – около 30 %. По выходу летучих соединений (40–55 %), содержанию в горючей массе углерода (70 %), водорода (5 %) и серы (2 %), термической устойчивости, спекаемости, низшей рабочей теплоте сгорания (17,1 МДж/кг) исследуемые угли являются перспективным топливом для прямого сжигания и сырьем для термохимической переработки методом газификации с применением паровоздушного или парокислородного дутья.

Выход гуминовых кислот составляет около 10 % на органическое вещество (в 4–6 раз ниже аналогичного показателя углей Бриневского месторождения). Среднее содержание битумов

менее 1,0 %, что свидетельствует о более высокой степени метаморфизма, чем углей неогенового периода формирования и приближении их к каменным углям.

Установлено, что угли Лельчицкого месторождения обладают более высокой термоустойчивостью, чем Бриневские угли. Это подтверждается высоким выходом твердого остатка, более низким – летучих веществ, а также наличием при термодеструкции двух максимумов при 440 и 560 °С, в то время как при термическом анализе неогеновых углей термическое разложение фиксируется с максимумом при 410 °С.

Анализ исследований по использованию бурых углей различных месторождений в энергетике, а также результаты собственных экспериментальных исследований, позволили выделить перспективные технологии переработки землистых бурых углей Беларуси (табл. 3) [2, 5].

Таблица 3. Перспективные технологии энерготехнологической переработки бурых углей Беларуси

Технология	Продукт переработки	Низшая теплота сгорания, МДж/кг, МДж/нм ³	Выход, %
Сушка (снижение влажности с 55 до 40 %) (w < 40 %)	Мелкокусковое котельное топливо	~ 10,5	80
Брикетирование угля и торфа (измельчение, сушка, прессование)	Торфоугольный брикет	15,5	~ 60
Термическое разложение в плотном слое кускового угля	Полукокс, кокс, котельное металлургическое топливо Смола Газ	33,4 37,6 12,5	~ 50 12–15 20–25
Высокоскоростной пиролиз измельченного угля	Газ Кокс Смола	14,4–16,7 32,6–35,5 35,5	~ 35 50 10–13
Процесс Фишера – Тропша	Моторное и котельное жидкое топливо	41,8	~ 15
Гидрогенизация	Моторное и котельное жидкое топливо	41,8	30–40
Термическое растворение	Моторное и котельное жидкое топливо	41,8	30–40
Получение топливных супензий	Суспензионное котельное топливо (углемазутное)	31,3–35,5	
Газификация угля на воздушном или паровоздушном дутье	Газообразное котельное, технологическое топливо	41,8 – 6,3	
Газификация угля на парокислородном дутье под давлением	Газ–котельное и технологическое топливо	16,7	
Газификация буровугольного полуоккса и кокса	Синтез-газ (CO + H ₂)	11,3	
Энерготехнологическая переработка	Смола Полукокс Тепловая и электрическая энергия	37,6 > 33,4	10–13 ~ 50
Получение водорода	Водород	10,8	12

Первые две технологии освоены для торфа и применимы для переработки бурого угля. Мелкокусковое топливо, полученное в результате сушки исходного бурого угля, и торфоугольные брикеты пригодны для прямого сжигания в топочных устройствах, приспособленных для сжигания твердого топлива.

Бурые угли хорошо брикетируются в смеси с торфом с получением бытового топлива – торфоугольного брикета, отличающегося высокими качественными показателями с теплотой сгорания около 15,5 МДж/кг. Процессы подготовки, сушки, прессования осуществляются по технологии, аналогичной применяемой для фрезерного торфа, что позволяет рекомендовать производство торфоугольных брикетов на действующих торфобрикетных заводах. Кроме прямого сжигания, бурые угли можно превращать в твердые, жидкые и газообразные энергоносители путем термохимической переработки различными способами.

Первичными продуктами высокотемпературного пиролиза могут быть газ (обычно среднекалорийный – 13,4–16,7 МДж/нм³ с выходом до 40 % массы сухого угля), жидкий продукт (смола) с теплотой сгорания 33,4–37,6 МДж/кг и твердое углистое вещество (кокс или полукокс в зависимости от температуры процесса) с теплотой сгорания 25,1–29,3 МДж/кг.

Из всего многообразия способов газификации, отработанных в промышленных условиях, двухстадийный процесс (газификация в неподвижном тонком слое топлива на воздушном дутье и дожигание образующегося газа в жаровом канале) наиболее предпочтителен для переработки бурых углей на малых энергоустановках с получением тепловой энергии. При газификации бурого угля на воздушном дутье теплота сгорания газа составляет 3,3–3,8 МДж/нм³.

Наиболее эффективным способом конверсии твердых топлив в горючие газы является газификация на паровоздушном и парокислородном дутье. При газификации кускового бурого угля (брикета) на паровоздушном дутье получается дешевый газ с теплотой сгорания 6,3 МДж/нм³ и выходом около 2000 м³ из 1 т сухого угля. Показана возможность получения технологического газа газификацией угля в кипящем слое под давлением на парокислородном дутье. Теплота сгорания – 13,3 МДж/нм³.

Одним из перспективных направлений энергетического использования бурых углей Беларусь является их переработка в жидкое топливо методом термического растворения – высокотемпературной экстракцией (ВТЭ). Сущность метода заключается в воздействии на уголь органических растворителей (антраценового масла, фракций первичных смол, фенолов, спиртов и других и их смесей) при высоких температурах (350–450 °С) и давлениях (до 25·10⁵ Па). При

этом органическая масса топлива на 70–90 % переходит в жидкое состояние – экстракт (топливо типа мазута марки М-200), горючий газ и нерастворимый органо-минеральный остаток. Экстракт можно использовать в качестве котельного топлива или перерабатывать в моторное топливо, горючий газ – для технологических целей; органо-минеральный остаток, по-видимому, целесообразно применять в дорожном строительстве.

Преимущества ВТЭ бурых углей перед другими методами получения котельного или моторного топлива заключаются в более высоком КПД (в 2 раза выше по сравнению с другими методами) и, соответственно, высоком выходе основного продукта – котельного топлива, а также более простой в эксплуатации технологической схемы.

В республике есть условия для успешной разработки и реализации проекта по переработке местных бурых углей методом высокоскоростной экстракции с получением жидкого котельного топлива или использования супензионных топлив с включением бурых углей и других продуктов.

На основе полученных результатов создана и испытана непрерывно действующая экспериментальная установка по пиролизу бурых углей в подвижном слое с производительностью по сырью около 30 кг/ч. Данная установка рассматривается как этап, предшествующий созданию опытно-промышленной установки по быстрому пиролизу бурых углей. Полученные на установке результаты по определению баланса выхода продуктов пиролиза, составу и свойствам горючих газов и коксозольного остатка подтвердили ранее полученные данные на лабораторной установке.

На установке переработано 1500 кг бурых углей средней влажности 55 % (675 кг сухой массы). Получено полукокса 335 кг, из них 100 кг было испытано в качестве газогенераторного топлива для получения теплоносителя. Жидких продуктов, состоящих в основном из воды (влага угля и пирогенетическая вода), получено 160 кг. Выход газа (по разности) составил 300 нм³.

Неогеновые бурые угли Житковичского, Бриневского и Тонежского месторождений вследствие высокой естественной влажности непригодны для термохимической переработки и прямого сжигания в энергоустановках без предварительной подготовки или обогащения.

Таким образом, для неогеновых бурых углей класса Б1 наиболее перспективными являются следующие направления использования.

Топливное направление

Брикетирование угля, предпочтительно совместно с торфом с получением топливных брикетов с высокими качественными показателями. Доля угля в брикетах составляет от 30 до 50 %, теплота сгорания около 16,7 МДж/кг, что в 2 раза выше теплоты сгорания исходного угля.

При этом снижается влажность, зольность, содержание серы, повышается механическая прочность. Топливо становится транспортабельным (торфяные брикеты в настоящее время закупаются другими странами). Торфоугольные брикеты могут использоваться в различных направлениях:

а) *прямое сжигание* целесообразно в виде торфоугольных брикетов в котельных установках, мини-ТЭЦ с выработкой электрической и тепловой энергии или в виде мелкокускового топлива, подсущенного до влажности ниже 40 % в топочных устройствах, приспособленных для сжигания твердого топлива. В республике данная технология реализована на торфобрикетных заводах;

б) *газификация* брикетов на паровоздушном или парокислородном дутье с получением генераторного газа для совместного сжигания с природным газом или с целью получения синтез-газа, используемого в когенерационных установках или для производства углеводородов, спиртов и других ценных продуктов;

в) *термическое растворение* с получением котельного и моторного топлива (экспериментальная стадия исследований);

г) *пиролиз* в подвижном слое с получением среднекалорийного газа (теплота сгорания около 14,6 МДж/нм³ с выходом 300–400 м³/т для когенерационных установок, смолы с теплотой сгорания 37,6 МДж/кг и полукокса с теплотой сгорания около 25,1 МДж/кг.

Следовательно, изменением условий пиролиза (скорости нагрева, конечной температуры процесса, различной конструкции аппарата и других характеристик) можно получать жидкые, газообразные и твердые продукты пиролиза в заданных соотношениях, что указывает на большие возможности этого метода термохимической переработки углей. Так, при температуре до 550 °С в стационарном слое выход смолы наибольший, при пиролизе до 800 °С в подвижном слое растет доля газовой составляющей с заметным возрастанием в ней доли синтез-газа.

Таким образом, пиролиз в подвижном слое позволяет получать в 1,5–3 раза больше газообразных продуктов, но меньше смолы по сравнению со стационарным слоем.

В качестве перспективных методов переработки бурых углей в республике можно рекомендовать эффективные, но более сложные в осуществлении технологии получения моторных топлив:

- газификацию на парокислородном дутье с получением синтез-газа (CO+H₂) заданного состава для последующей его конверсии в моторное топливо в процессе Фишера–Тропша (технология реализована в ЮАР);

- термическое растворение с получением высококалорийных моторных и котельных топлив (на стадии опытных исследований);

- использование углей в бинарных смесях совместно с торфом, горючими сланцами при термохимической переработке с получением высококалорийных жидких, твердых и газообразных энергоносителей.

Нетопливное направление

Бурые угли белорусских месторождений находятся на самой низшей ступени метаморфизма и являются переходными в ряду торф – каменные угли. По характеру исходного материала они относятся к гумусовым, так как основную часть их органической массы составляют гуминовые вещества. Поэтому бурые угли могут рассматриваться как важный и наиболее перспективный источник органических веществ для земледелия, а также как сырье для получения биологически активных препаратов различного назначения, в частности, для изготовления гуминовых мелиорантов и стимуляторов роста растений. Направления нетопливного использования бурых углей представлены в табл. 4. Наиболее перспективными из них являются стимуляторы роста растений, мелиоранты, органо-минеральные удобрения, применяемые при бурении скважин углещелочные реагенты и сорбенты.

Таблица 4. Выход и ориентировочная стоимость продуктов нетопливного использования бурых углей

Продукт	Выход, кг/т	Ориентировочная стоимость, у.е. за 1 т препарата	Примечание
Бурые угли класса Б1 (Житковичское, Бриневское)			
Ростостимулирующие препараты	900	900	Регуляторы роста растений, биологически активные добавки к кормам животных
Мелиоранты	500	130–150	Для почв легкого мехсостава, деградированных почв, озеленения, посадки древесных растений
Сорбенты	200	350–400	Для очистки сточных вод
Углещелочные реагенты	800	230	Буровые растворы для проводки глубоких скважин
Буроугольный воск-сырец		150–300	Составы для точного литья

Физиологическая активность гуминовых веществ известна давно. Однако воздействие на данные соединения химических реагентов, температуры, давления и других факторов приводит к разрыву органо-минеральных комплексов, окислению органических компонентов сырья, уменьшению их молекулярной массы, обогащению активными функциональными группами, что приводит к усилению биологической активности модифицированных гуминовых кислот (ГК).

В связи с этим представляет большой интерес разработка способов и технологических основ получения путем химической переработки бурых углей эффективных экологобезопасных биологически активных препаратов ростостимулирующего и адаптогенного действия, ускоряющих ростовые процессы и увеличивающих продуктивность сельскохозяйственных растений, способствующих повышению их устойчивости к неблагоприятным условиям. Характерно, что такие препараты могут быть использованы как непосредственно, так и в составе минеральных удобрений.

Предварительными исследованиями показано, что продукты химической переработки бурых углей, представленные в основном гуминовыми веществами, обладают высокой биологической активностью и по росторегулирующим свойствам превосходят их торфяные аналоги.

Предварительные расчеты показывают, что из 1 т органической массы бурых углей можно получить около 3 т биологически активного препарата стимулирующего действия. Важно отметить, что новый препарат будет использоваться в растениеводстве в сравнительно малых дозах 2–3 кг на 1 га, т. е. 1 тонной препарата можно обработать более 300 га посевов. Учитывая стоимость украинских и российских аналогов, получаемых из бурых углей, предполагаемая стоимость препарата из белорусских бурых углей не превысит 1 \$ за 1 кг при сравнительно низких трудо- и энергозатратах.

Полифункциональность гуминовых веществ обеспечивает им доминирующую роль в аккумуляции и миграции ионов металлов в почвах и наземных ландшафтах. Специфическая молекулярная структура ГК и гидрофильтность предопределяют их уникальную роль как мелиоранта почв, регулятора их водного и воздушного режимов. В этом плане технологии производства на основе гуминовых препаратов для охраны окружающей среды, сельского хозяйства оказались наиболее востребованными.

Высокое содержание в бурых углях гуминовых веществ позволяет рассматривать их как перспективное сырье для производства новых видов удобрительно-мелиорирующих средств

для нужд сельскохозяйственного производства и охраны окружающей среды. Получаемые из бурых углей материалы эффективны при восстановлении природной функции и плодородия нарушенных, деградированных, загрязненных поллютантами разного происхождения почв, исходно низкоплодородных песчаных земель, а также для удовлетворения массового спроса садоводов и огородников. Ориентировано из 1 т бурого угля естественной влажности можно получить до 0,5 т мелиоранта со стоимостью около 150 \$ за 1 т.

Бурые угли являются одним из видов углеродсодержащего сырья, применяющегося также для получения адсорбционных материалов, в том числе активированных углей, находящих широкое применение в процессах очистки природных и сточных вод, газовых выбросов. К достоинствам бурых углей как сырья, относятся низкая стоимость и высокая реакционная способность, а пористая структура получаемых активированных углей представлена как микропорами размером менее 1 нм, ответственными за сорбцию низкомолекулярных газов и паров, так и более крупными мезопорами размером 2–5 нм, хорошо сорбирующими растворенные высокомолекулярные органические вещества. Пористая структура углеродных адсорбентов такого типа называется полидисперсной, а сами адсорбенты особенно пригодны для очистки жидких и газовых сред от загрязнений неизвестной природы с широким распределением по молекулярной массе, что характерно при очистке объектов окружающей среды.

Учитывая химический состав органического вещества белорусских бурых углей и преобладание в минеральной части глины и песка, можно ожидать при их термической переработке образования адсорбента смешанной углерод-минеральной природы – углерод-минерального сорбента (УМС). Сорбенты типа УМС достаточно хорошо сорбируют как гидрофобные вещества, такие, как углеводороды и их производные, так и гидрофильные: низшие кислоты, альдегиды, углеводы. По величине суммарной пористости и удельной поверхности УМС уступают активированным углем или цеолитам, но вследствие своей дешевизны могут быть использованы в больших количествах и не регенерироваться, что упрощает их последующую утилизацию.

В первом случае УМС бывают порошкообразного типа, для очистки сточных вод можно использовать как порошкообразные сорбенты, так и прочные формованные с возможностью использования в адсорберах.

Расчеты показывают, что из 1 т бурого угля естественной влажности может быть получено около 200 кг УМС с ориентированной стоимостью 350–400 \$.

Использование бурых углей Лельчицкого месторождения (класс Б 3)

Из известных направлений использования твердых горючих ископаемых бурые угли Лельчицкого месторождения наиболее пригодны для применения в энергетике в качестве топлива для прямого сжигания на энергетических объектах при получении тепловой и электрической энергии. Возможна также их паровоздушная и парокислородная газификация с получением генераторного газа для совместного сжигания с природным газом и синтез-газа, который можно использовать для производства жидкых углеводородов (компоненты моторного топлива), спиртов, эфиров и других органических соединений.

В соответствии с Программой освоения месторождений полезных ископаемых и развития минерально-сырьевой базы Республики Беларусь на 2011–2015 гг. и на период до 2020 года (Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 4 апреля 2011 г., № 431) проводится детальная разведка северо-западной части Северного участка Лельчицкого месторождения бурых углей. Согласно Протоколу поручений Первого заместителя Премьер-министра Рес-

публики Беларусь по вопросам комплексного освоения природных минерально-сырьевых ресурсов Лельчицкого региона в 2012 г. должна быть завершена детальная разведка, утверждены запасы бурых углей Лельчицкого месторождения в Республиканской комиссии по запасам Минприроды и представлен в Минэнерго технико-экономический доклад о строительстве шахты. Минэнерго должно разработать технико-экономический доклад по строительству Мозырской конденсационной электростанции с использованием бурых углей Северного участка Лельчицкого месторождения. Гомельскому облисполку поручено представить в Минтранс обоснование грузопотоков планируемых железнодорожных путей в Лельчицком регионе, и подготовить проект бизнес-плана по реализации мероприятий комплексного освоения природных минерально-сырьевых ресурсов Лельчицкого региона и в установленном порядке внести его в Правительство Республики Беларусь на рассмотрение.

Таким образом, основными направлениями комплексного использования бурых углей и горючих сланцев Беларуси являются следующие (табл. 5):

Таблица 5. Основные направления комплексного использования бурых углей и горючих сланцев Беларуси

Горючие сланцы

Запасы: прогнозные оценены в 8,83 млрд т, реальные промышленные – около 3,6 млрд т (предварительно разведанные).

Качественная характеристика сланцев: средняя зольность – 78 %, теплота сгорания – 5,6 МДж/кг, выход «сланцевой нефти» до 10 %.

Направления использования: технология термической переработки с твердым теплоносителем на основе агрегатов УТТ-3000 с получением из 1т сланца 70–90 кг «сланцевой нефти», около 35 м³ высококалорийного газа и около 800 кг твердых зольных отходов, которые можно использовать в качестве сырья при производстве строительных материалов и в дорожном строительстве. «Сланцевая нефть» используется для производства моторного топлива, газ – для получения электрической энергии. Перспективна совместная переработка с бурыми углями.

Бурые угли (Лельчицкое месторождение (класс Б3))

Запасы: прогнозные оцениваются в 250 млн т., предварительно разведанные на участке «Северный» – 86 млн т. Пласти имеют толщину 1,2–12,2 м, глубина залегания – от 95 до 370 м.

Качественные показатели углей: качественные показатели угля Северного участка Лельчицкого месторождения: зольность – 30 %, влажность – 15 %, сера – 1,0–1,7 %, низшая рабочая теплота сгорания – 17,1–18,4 МДж/кг.

Направления использования: угли пригодны для использования в энергетике в качестве топлива для прямого сжигания. Возможна также их паровоздушная и парокислородная газификации с получением генераторного газа для совместного сжигания с природным газом и синтез-газа, который можно использовать для производства жидкых углеводородов (компоненты моторного топлива), спиртов, эфиров и других органических соединений.

Бурые угли (Житковичское, Бриневское и Тонежское месторождения (класс Б1))

Запасы: прогнозные запасы бурых углей составляют около 1,5 млрд т: детально разведанные около 100 млн т, в перспективе около 250 млн т; средняя мощность пластов – 3–4 м, максимальная – 19,9 м, вскрыши – от 21 до 81 м.

Качественные показатели углей: влажность углей средняя – 55 %, зольность – 20 %, содержание серы – 0,8 %, выход гуминовых веществ – 60 %. Низшая рабочая теплота сгорания составляет 7,1–8,4 МДж/кг.

Направления использования: получение угольных и торфоугольных брикетов и их сжигание на мини-ТЭЦ, для термохимической и экстракционной переработки с получением углеводородов, синтез-газа и продуктов нетопливного назначения.

Литература

1. Горький, Ю. И. Проблемы комплексного использования горючих сланцев Белорусской ССР / Ю. И. Горький [и др.]. Минск, 1983.
2. Лиштван, И. И. Проблемы и перспективы энергетического использования бурых углей и горючих сланцев месторождений Беларуси / И. И. Лиштван, П. Л. Фалюшин // Изв. НАН Беларуси. Сер. хим. наук. 2009. №1. С. 41–55.
3. Лиштван, И. И. Состав и свойства горючих сланцев Туровского месторождения Беларуси / И. И. Лиштван [и др.] // Химия твердого топлива. 2009. № 2. С. 3–6.
4. Лиштван, И. И. Качественные характеристики бурых углей Лельчицкого углепроявления / И. И. Лиштван [и др.] // Природопользование. Минск, 2010. Вып. 18. С. 142–147.
5. Лиштван, И. И. Пиролиз бурых углей Бриневского месторождения Республики Беларусь / И. И. Лиштван [и др.] // Химия твердого топлива. 2009. № 3. С. 20–25.
6. Полезные ископаемые Беларуси: К 75-летию БелНИГРИ / Под ред. П. З. Хомича. Минск, 2002.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 04.09.2012 г.

И. И. Лиштван, П. Л. Фалюшин, В. М. Дударчик, В. М. Крайко

КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ И БУРЫХ УГЛЕЙ БЕЛАРУСИ И НАПРАВЛЕНИЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Приведены общие прогнозные запасы сланцев, которые оценены в 8,83 млрд т, реальные промышленные – около 3,6 млрд т. Качественная характеристика сланцев: зольность – 78–80 %; теплота сгорания – 5,7 МДж/кг; выход смолы – 8–10 %; горючих газов – около 5 %. Наиболее эффективна для переработки белорусских горючих сланцев освоенная в других странах технология термохимической переработки с твердым теплоносителем на основе агрегатов УТТ–3000, производительностью около 1 млн т. сланцев в год. Технологическая схема установки предусматривает получение сланцевой смолы и полукоксового газа, являющихся альтернативными заменителями нефти и природного газа. Дальнейшая их переработка обеспечивает получение моторного, котельного и газотурбинного топлива, а также ценного сырья для химического производства.

Наиболее перспективными для промышленного освоения являются месторождения бурых углей в западной части Гомельской области – Житковичское, Бриневское и Тонежское. Влажность углей колеблется в пределах 38–68 %, зольность – 8–42 %, содержание гуминовых веществ составляет 61–68 % и до 9 % битумов, выход летучих веществ – 55–64 %. Низшая рабочая теплота сгорания в зависимости от влажности углей и содержания в них золы составляет 6,3–8,4 МДж/кг сухого вещества.

Для этих углей (класс Б 1) перспективна комплексная переработка, когда низкозольные (менее 30 %) в энергетике для прямого сжигания и термохимической переработки с получением газообразных и жидкых энергоносителей, высокозольные угли с высоким содержанием гуминовых веществ используются для переработки с получением продуктов нетопливного назначения (сорбенты, стимуляторы роста и мелиоранты). Применение в энергетике предусматривает прямое сжигание после подсушки или в виде торфоугольных брикетов в качестве котельно-печного топлива и наиболее целесообразно в малой энергетике. Близость химического состава бурого угля и торфа гарантирует их высокое качество (низшая рабочая теплота сгорания составляет около 15,5 МДж/кг). В Беларуси данная технология реализована на торфобрикетных заводах. Наиболее перспективными способами термохимической переработки торфобуроугольных брикетов является пиролиз с получением среднекалорийного горючего газа, смолы и полукокса (кокса) и газификация на воздушном и паровоздушном дутье с получением горючего газа.

Бурые угли Лельчицкого месторождения представляют собой твердые горючие ископаемые с более высокой степенью метаморфизма, чем угли неогенового периода формирования, относятся к углям марки Б 3. Влажность углей составляет около 15 %, зольность – около 30 %. По выходу летучих соединений (40–55 %), содержанию в горючей массе углерода (70 %), водорода (5 %) и серы (2 %), термической устойчивости, спекаемости, низшей рабочей теплоте сгорания (17,1 МДж/кг) исследуемые угли являются перспективным топливом для прямого сжигания и сырьем для термохимической переработки методом газификации с применением паровоздушного или парокислородного дутья.

I. I. Lishtvan, P. L. Falushin, V. M. Dudarchik, V. M. Kraiko

QUALITY INDICATORS OF COMBUSTIBLE SHALES AND BROWN COALS OF BELARUS AND DIRECTION OF THEIR USE

General expected reserves of shales are given which are estimated in 8,83 bln t, real industrial – about 3,6 bln t. The qualitative characteristic of slates: ash content – 78–80 %; combustion heat – 5,7 MDj/kg; a tar outcome – 8–10 %; combustible gases – about 5 %. Most effective for combustible shales processing mastered in other states is the technology of thermal-chemical processing with firm heat-carrier on the basis of units UTT-3000, productivity about 1 million t per year. The technological scheme of the installation provides production of shale pitch and semi-coke gas, being alternative substitutes of oil and natural gas. Their further processing provides production of motor, boiler and gas-turbine fuel, and also valuable raw materials for chemical manufacture.

The most perspective for industrial development are deposits of brown coals in the western part of the Gomel area – Zhitkovichsky, Brinevsky and Tonezhsky. Humidity of coals fluctuates within 38–68 %, ash content – 8–42 %, the content of humic substances is 61–68 % and to 9 % of bitumens, volatile substances outcome – 55–64 %. The lowest working combustion heat depending on humidity of coals and the ash content is 6,3–8,4 MDj/kg of dry matter.

For these coals (B 1 class) a complex processing is perspective, when low-ash (less than 30 %) in power engineering for direct burning and thermal-chemical processing with outcome of gaseous and liquid energy carriers, high-ash coals with high content of humic substances are used for processing with production of products of non-fuel assignment (sorbents, growth stimulants and ameliorants). The application in power engineering provides direct burning after light drying or in kind of peat-coal briquettes as boiler-furnace fuel and is most expedient in small power. The affinity of chemical compound of brown coal and peat guarantees their high quality (the lowest working combustion heat is about 15,5 MDj/kg). In Belarus, the given technology is realized on peat-briquette factories. The most perspective ways of thermal-chemical processing of peat-brown coal briquettes is a pyrolysis resulting in a medium combustible gas, pitch and semi-coke (coke) and gasification by air and steam-air blasting with combustible gas outcome.

Brown coals of the Lelchitsky deposit represent solid combustible minerals with higher degree of metamorphism than those of Neogenic formation period and refer to coals of B 3 sort. Humidity of coals is about 15 %, ash content – about 30 %. As for volatile compounds outcome (40-55 %), content in combustible weight of carbon (70 %), hydrogen (5 %) and sulfurs (2 %), thermal stability, caking, the lowest working combustion heat (17,1 MDj/kg) the investigated coals are a perspective fuel for direct incineration and a raw material for thermal-chemical processing by method of gasification with application of steam-air or steam-oxygen blasting.

А. П. Гаврильчик, Л. С. Лис, В. Б. Кунцевич, Т. И. Макаренко, А. В. Осипов

ОЦЕНКА ТОРФЯНОГО ФОНДА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В СВЯЗИ С АКТУАЛЬНЫМИ ЗАДАЧАМИ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА БЛИЖАЙШУЮ ПЕРСПЕКТИВУ

Обсуждены новые задачи по использованию торфяных ресурсов в ближайшем будущем. Оценены запасы торфа по выбору новых сырьевых баз для строительства брикетных заводов и обеспечения торфяным топливом планируемых мини-ТЭЦ, электростанций высокой мощности и новых инновационных производств по глубокой переработке торфа. Показано, что необходимые запасы для актуальных направлений его использования имеются с различным уровнем обеспеченности.

Торф – национальное богатство и уникальный природный ресурс государства. Его достаточно широкое распространение на территории республики, обусловленное сложившимися на протяжении длительного исторического периода благоприятными условиями торфообразования, с давних времен обеспечили масштабное использование торфа во многих областях человеческой деятельности.

Наметившееся первоначально топливное использование этого ресурса в дальнейшем развились в мощную индустриально развитую энергетическую отрасль, позволившую вырабатывать до 70 % электрической энергии в БССР. Кроме того, в торфяной промышленности, помимо масштабного производства торфяных брикетов, большое внимание уделялось коммунально-бытовому топливу на основе торфа – мелкокусковому торфу. Были основательно проработаны технологические схемы производства такой продукции, создан комплекс добывающей и уборочной техники. Разработаны и внедрены в практику газогенераторные установки для сжигания кускового топлива и разнообразных отходов сельскохозяйственного производства [1]. Одновременно в послевоенные годы широким фронтом стало разворачиваться сельскохозяйственное освоение торфа, включающее использование осушенных торфяных месторождений в качестве сельскохозяйственных угодий, а также применение различных видов органических удобрений на основе торфа. Масштабное внесение таких удобрений в малопродуктивные пропашные земли обеспечило сохранение в прошлом положительного баланса гумуса во всех административных регионах республики.

Однако длительное использование осушенных торфяных месторождений, иногда с нерациональным севооборотом, приводят к потере биологической продуктивности этих угодий, к деградации органического слоя и утрате своих генетических признаков. Площади таких деградированных

почвенных образований постепенно возрастают и к 2020 г. составят примерно 300 тыс. га [4].

В 1950-е и последующие годы на основе развернувшихся научных исследований структуры и свойств торфяных систем начали развиваться работы по комплексной глубокой переработке торфа с получением широкого набора продуктов и материалов, нашедших применение в различных отраслях народного хозяйства. Это органо-минеральные удобрительные составы, кормовые средства, биологически активные препараты, сорбционные материалы, красители, ингибиторы коррозии, литейные и антиадгезионные составы на основе воска, активные угли, лекарственные препараты и многое другое.

В институте для реализации в ближайшем и отдаленном будущем была выполнена работа по выбору из имеющегося торфяного фонда перспективных для комплексного освоения торфяных месторождений. Для этого в первую очередь доработаны критерии пригодности характеристик торфяного сырья для разнообразных производств по глубокой переработке торфа. В табл. 1 приведены группы производимой продукции и важнейшие характеристики пригодного торфяного сырья.

Отметим, что приведенные общетехнические характеристики являются только исходными на первом этапе выбора, а в дальнейшем к ним подключается перечень дополнительных параметров-ограничений, которому должно соответствовать исходное сырье для производства каждого конкретного продукта. К дополнительным параметрам относятся в первую очередь ограничения по ботаническому составу, содержанию некоторых химических элементов, компонентному составу, технологическим схемам уборки, хранения и подготовки сырья для производства. При этом необходимо учесть также потребности регионов в продукции и их экономические возможности. На рис. 1 представлена карта Витебской области, на которой указаны выбранные для комплексного освоения торфяные месторождения.

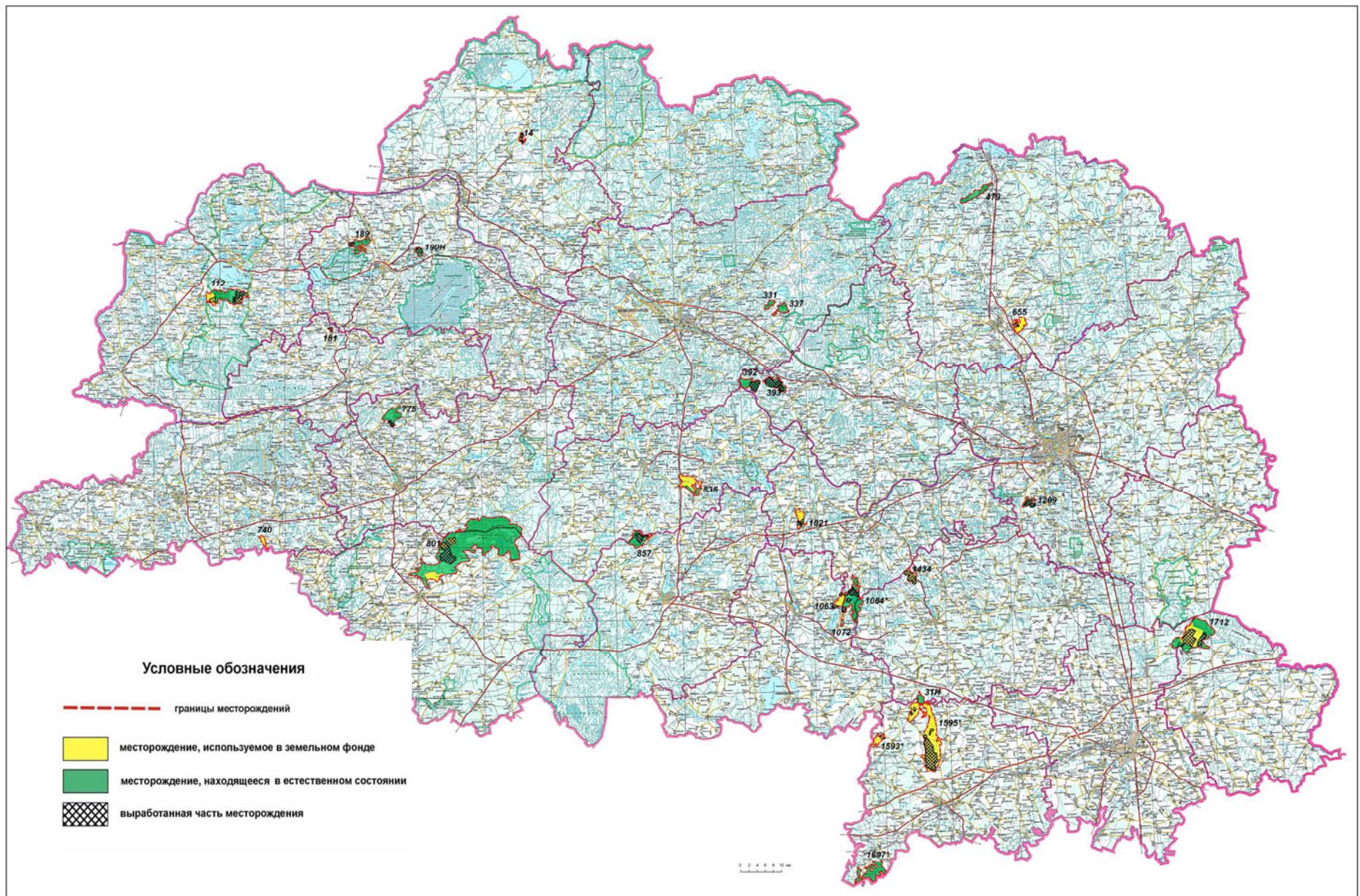


Рис. 1. Карта-схема перспективных для комплексного использования торфяных месторождений Витебской области

Таблица 1. Классы продукции (варианты использования) и характеристика сырья

Вариант использования	Класс продукции комплексной переработки торфа	Характеристика исходного сырья		
		Пределы значений		Преобладающий тип залежи и вид торфа
		R, %	A ^c , %	
1	Мелиоранты, питательные грунты, органо-минеральные удобрения, в том числе гранулированные, компосты	≥ 20	≤ 25 (30) [*]	Все типы залежи и виды торфа
2	Сорбенты нефтепоглотительные**, изоляционные и упаковочные материалы, торфяные горшочки	≤ 15	≤ 5	Верховой торф, моховая группа
3	Энергетическое и бытовое топливо	≥ 20	≤ 23	Все типы залежи и виды торфа
4	Красители, гуматсодержащие биологически активные препараты, сорбенты газопоглотительные, воск торфяной, кокс, активные угли, торфощелочные реагенты	≥ 25 (30)	≤ 5 (3)	Верховой торф, древесно-травяная, травяно-моховая, моховая группы
5	Ингибиторы коррозии, гуматсодержащие биологически активные препараты	> 25	≤ 10	Низинный торф, травяная и травяно-моховая группы

* (30) Предельные значения некоторых классов продукции.

** Имеются дополнительные ограничения.

Широкое и эффективное использование торфяных ресурсов, например в 1975 г. в БССР добывалось более 40 млн т, привело к уменьшению их запасов. В последующий период в связи с распадом СССР и изменившимися экономическими условиями добыча и использование торфа в Республике Беларусь резко снизились. Ежегодная добыча и использование колебались в пределах 2,2–2,8 млн т причем исключительно в виде топливных брикетов, часть из которых поставлялась в последние годы на экспорт. Незначительные объемы производства в масштабе 5 тыс. т и 27 тыс. т соответственно сохранились за питательными грунтами и кипованной продукцией. Использование торфяных месторождений в качестве сельскохозяйственных угодий продолжалось в установленных «Схемой...» [7] объемах, но со снижающимися показателями эффективности, а использование торфа в качестве удобрений (компостов) свелось к критическому минимуму, что обусловило в последнее время отрицательный баланс гумуса в большинстве административных районов республики.

Экономические реалии последних лет, заключающиеся в обостренном внимании к топливу из-за имеющейся тенденции к его подорожанию, поставили новые задачи в области использования торфяных ресурсов. Ряд нормативно-правовых документов [3, 5, 6] ориентировал отрасль на существенное повышение использования местных топливных ресурсов в производстве тепловой и электрической энергии. В разработанной в связи с этими задачами Государственной программе «Торф» [2] намечены пути их реализации. Запланировано: добыча и использование торфа в энергетике в 2015 г. – 4800 тыс. т, в 2020 г. – 5100 тыс. т. Планируется также ежегодная добыча торфа для утилизации жидкого навоза крупных животноводческих ферм в объеме 3 млн т. Помимо этого в программу включена

реализация ряда новых (альтернативных) производств по глубокой переработке торфа с получением научекомкой, в том числе и импортозамещающей продукции.

В связи с новыми реалиями сегодняшнего дня возникают и более амбициозные задачи – подбор сырьевых баз и строительство новых брикетных заводов для обеспечения нужд цементной промышленности, обеспечение торфяным топливом планируемых мини-ТЭЦ, электростанций высокой мощности и т. п.

Решение перечисленных новых задач в области использования торфа, кроме того, предполагает необходимость перераспределения торфяных ресурсов по целевым фондам. При планируемых увеличениях добычи данного полезного ископаемого не снимается с повестки дня важнейший вопрос – сохранение в надлежащем состоянии окружающей среды. Именно это обстоятельство требует обоснованных и достаточно взвешенных решений по адресному определению новых направлений освоения каждого конкретного объекта торфяного фонда. Помимо общетехнических характеристик торфа, определяющих, в первую очередь, его пригодность для конкретного варианта использования, необходимо оценить роль торфяного месторождения в общей структуре природно-территориального комплекса, его многочисленные связи и воздействия на элементы комплекса, а также прогнозную потребность социально-экономической сферы региона расположения, условия и возможности региона. Только такой системный анализ многочисленной информации позволит принимать обоснованные решения, особенно в отношении объектов разрабатываемого фонда.

Считается, что в настоящее время в торфяном фонде республики насчитывается порядка 4 млрд т торфа (при условной влажности 40 %). Ежегодный расход составляет: добыча – 5 млн т,

потери от минерализации и эрозии – 10–12, технологические потери, пожары – 2,0–2,5 млн т.

Следовательно, при приросте массы на месторождениях, находящихся в естественном состоянии, около 1 млн т ежегодная убыль торфа составляет порядка 17 млн т. В этой связи необходимо оценить существующий торфяной фонд республики.

Прежде всего охарактеризуем существующий торфяной фонд степенью изученности – охватом площадей геологическими категориями разведки. Разведанные торфяные месторождения составляют 70 % всего фонда по площади. Отметим, что основные работы по разведке торфяных месторождений производились в послевоенные 1947–1953 гг., частично имеются данные довоенного периода – 1929–1940 гг. По всей республике детальной разведкой (категории А и В) охвачено около 45 % запасов, причем неравномерно по областям: максимально – в Минской, минимально – в Могилевской и Брестской областях. В этих же областях незначительна доля предварительной разведки торфяных месторождений (категория С₁), а всего по республике данным видом разведано более 32 % запасов. Поисковыми работами (категория С₂) разведано около 22 % запасов, наибольшая доля таких объектов в Брестской области.

Отметим специфику распределения по территории республики типов торфяных залежей, что обусловлено характером геоморфологии и рельефа регионов. Основные запасы приходятся на низинный торф, который сосредото-

чен в Брестской, Гродненской и Гомельской областях и составляет примерно 77 % всех запасов. Верховой торф, общие запасы которого менее 20 %, в основном находится в Витебской области (46 %) и Могилевской (32 %) их фондов. Переходные типы торфяных месторождений имеются во всех областях республики (около 3 % всего фонда).

Представим обзорный анализ распределения торфяных запасов Беларуси по основным характеристикам. Максимальное количество торфяных месторождений приходится на площади 10–50 га – 47,7 % (рис. 2, а). Велика также доля месторождений 100–500 га – 25,1 %. Как показал анализ областных фондов, месторождения площадью 500–1000 га – и 1000–5000 в основном распространены в Минской, Гомельской и Брестской областях. Самые крупные месторождения (более 5000 га – 0,8 %) расположены в Брестской и Гомельской областях.

Более информативным с позиций практики является анализ распределения торфяных ресурсов по интервалам запасов (рис. 2, б). Максимальное количество запасов торфа сосредоточено на месторождениях в диапазоне до 1 млн т – 92,4 %, причем они находятся в небольших по площади и глубине торфа месторождениях и распределены по территории республики относительно равномерно. Доля месторождений с большими запасами (10–20 млн т) составляет около 1 % и приурочены к Витебской и Минской областям.

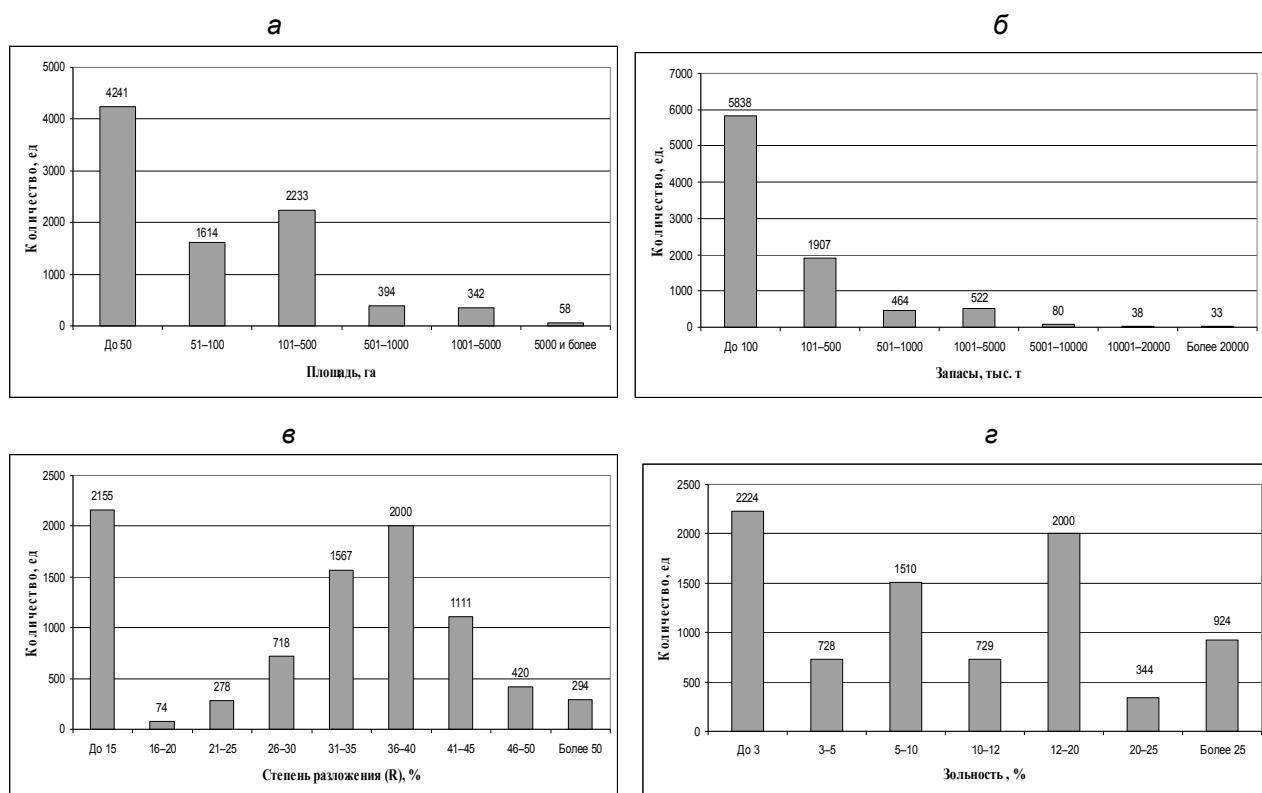


Рис. 2. Гистограммы распределения торфяного фонда Республики Беларусь по площади (а), запасам (б), степени разложения (в) и зольности (г)

Практический интерес с позиций комплексного использования представляет анализ торфяного фонда по степени разложения и зольности. Значительное количество месторождений относится к малоразложившейся категории торфа (до 15 %) – 25 % фонда, которые сосредоточены в основном в Витебской области. Встречаются такие месторождения в Гомельской и Минской областях. Велика также доля диапазона степени разложения 36–40 % – 23,2 %. Характер распределения показателя степени разложения, если не учитывать диапазон до 15 %, выявляет нормальный закон, характеризуемый малыми долями низких и высоких значений, хотя высоких значений (45–50 % и более) достаточно – 8,3 % (рис. 2, в).

По распределению зольности торфа в фонде какой-либо закономерности не наблюдается, отмечается лишь наличие низкозольных (до 3 %) – 26,3 % и среднезольных (12–20 %) – 23,6 %. Особый интерес в плане комплексного использования представляют торфяные месторождения с малыми значениями зольности (до 10 %), таких запасов – 52,8 % (рис. 2, г).

Поиски решений возникающих новых задач в области использования торфяных ресурсов республики вынуждают обратиться к анализу торфяного фонда с различными запросами. Так, если по Государственной программе «Торф» к добыче на 2020 г. было запланировано 5,1 млн т (1500 т у.т.), то с учетом потребности в торфяном топливе цементной промышленности в этом же году потребовалось бы значительно большие объемы. В данной связи для обеспечения поставки торфяного топлива для расширяющихся запросов экономики следовало бы увеличить добычу торфа с обеспечением общего объема в 2020 г. на 10 млн т и более. Это обстоятельство свидетельствует о том, что поставленные задачи могут быть реализованы только при существенном расширении сырьевой базы предприятий по добыче торфа, а также наращивании их производственных мощностей и организации новых.

Работа по перераспределению торфяных ресурсов республики по целевым фондам относится к достаточно сложным, информационно насыщенным и многовариантным типам задач. В составе ее целей выступает, в первую очередь, необходимость расширения состава разрабатываемого фонда, обеспечение надлежащего уровня сохранности природной среды и распределение этих ресурсов по наиболее эффективным направлениям освоения. Для принятия оптимального решения по каждому конкретному объекту недостаточно только информации о нем, следует учитывать существующие связи данного объекта с окружающей средой, т. е. компонентами общей территориальной системы, его роль в

системе. Многообразие целей указанной работы определяет многочисленный состав необходимой при анализе информации. Это прежде всего общетехнические характеристики торфа: тип, степень разложения, зольность, запасы, а также ботанический состав, гидрологические и геоморфологические условия, групповой химический состав органической и зольной части. Кроме того, в принятии решений учитываются потребности и возможности региона, месторасположение анализируемого объекта и некоторые другие условия. С целью получения результатов, которые необходимы для ответов на возникшие новые задачи и запросы, нами выполнены масштабные исследования торфяного фонда республики.

В первую очередь произведем оценку запасов торфяного фонда республики на предмет их наличия для конкретных целей – сырьевых баз для строительства новых брикетных заводов или обеспечения топливом тепловых электростанций повышенной мощности. Целесообразность строительства нового предприятия (нового брикетного завода) определяется прежде всего извлекаемыми запасами торфа, при этом установлено, что такое строительство экономически оправдано при наличии сырьевой базы со следующими характеристиками сырья: степенью разложения более 20 %; зольностью не более 23 %; типом залежи низинным или переходным и запасами, обеспечивающими стабильную работу на протяжении 25–30 лет. Для брикетного завода годовой производительностью 80 тыс. т и более при оговоренных условиях таким требованиям будет удовлетворять торфяное месторождение или группа близкорасположенных месторождений с извлекаемыми запасами при условной влажности не менее 5 млн т. Учитывая, что для фрезерного способа добычи, который применяется в настоящее время при обеспечении брикетного производства, коэффициент использования залежи составляет не более 0,5–0,6, геологические запасы сырьевой базы завода должны быть не менее 8 млн т.

Результаты анализа торфяного фонда на наличие таких запасов представлены в табл. 2.

Анализ полученных результатов (не учтен выделенный разрабатываемый фонд) свидетельствует, что в настоящее время в республике имеется 41 торфяное месторождение, пригодное по характеристикам торфа для строительства новых брикетных заводов. Общие геологические запасы на них оцениваются в 631,3 млн т, однако эти запасы находятся в земельном (58,4 %) и природоохранном (34,6 %) фондах. Незначительные пригодные запасы неиспользуемого фонда (7,0 %) принимать во внимание нецелесообразно.

Таблица 2. Наличие торфяных месторождений с запасами более 8 млн т по областям республики, принадлежность их к целевым фондам*

Область	Количество торфяных месторождений, шт.	Запасы, млн т	Целевые фонды, млн т		
			Земельный	Природоохранный	Неиспользуемый
Брестская	9	142,0	73,0	63,0	6,0
Витебская	7	93,7	12,3	74,4	7,0
Гомельская	7	119,3	91,9	27,4	—
Гродненская	3	50,5	33,7	—	16,8
Минская	14	217,1	149,3	53,6	14,2
Могилевская	1	8,7	8,7	—	—
Итого	41	631,3	368,9	218,4	44,0

*Часть месторождений забраковано по показателю глубины торфа, где $h \leq 1,5$ м.

Рассмотрена задача по оценке запасов для наиболее распространенных производств по глубокой переработке торфа, а именно запасов, пригодных для объединенных топливного и сельскохозяйственного назначения, гуматсодержащих препаратов и сорбентов, а также воска и активных углей. Для первой группы продукции пригодными являются все типы и виды торфа, для двух последующих – только верховой тип. Выбор пригодного торфяного сырья для всех указанных групп основан на введенных ограничениях по основным характеристикам – степени разложения и зольности, которые приводятся в табл. 3.

Анализ приведенных данных показывает, что для производства широко распространенной продукции топливного (брикетов, мелкого куска) и сельскохозяйственного назначения (органических удобрений, грунтов) в Беларуси имеются большие запасы пригодного сырья без использования объектов природоохранного фонда. Также значительными запасами по пригодности обеспечена группа товаров гуматсодержащих препаратов и сорбентов, менее потребных в республике. И, наконец, для группы уникальной продукции (воска, препаратов на его основе, активных углей) запасы пригодного сырья существенно ограничены, причем они находятся только в Минской, Витебской и Могилевской областях.

Таблица 3. Наличие запасов торфа, пригодных для продукции комплексной переработки, млн т

Административные области	Тип залежи и характеристика торфа							
	Все типы и виды		Верховой			Низинный		
	$R \geq 20\%, A^c \leq 23\%$		$R \geq 15\%, A^c \leq 10\%$		$R \geq 30\%, A^c \leq 5\%$		$R \geq 25\%, A^c \leq 10\%$	
	Количество т/м, шт.	Запасы	Количество т/м, шт.	Запасы	Количество т/м, шт.	Запасы	Количество т/м, шт.	Запасы
Брестская	215	220,9	3	0,5	—	—	14	23,7
Витебская	1034	231,4	142	130,8	45	11,0	311	218,5
Гомельская	617	521,7	60	9,9	23	4,8	86	156,0
Гродненская	208	168,6	13	9,0	6	2,2	10	2,2
Минская	618	649,4	85	28,0	34	9,4	93	102,3
Могилевская	563	118,8	143	38,2	75	12,6	54	48,6

Таким образом, современные экономические реалии в республике свидетельствуют о возникшем новом витке возрастания потребности в торфяных ресурсах как местном виде топлива. Изучается возможность решения топливных проблем для ряда важных отраслей экономики, например для цементной промышленности, мини-ТЭЦ и др. Однако решение этих новых задач сдерживается тем обстоятельством, что в торфяном фонде страны нет «свободных» крупных по запасам торфяных месторождений, которые могли бы явиться сырьевой базой производств масштабных объемов топливной продукции. Анализ резервов торфяного фонда показал, что такие объекты имеются, но они находятся в ос-

новном в земельном и природоохранном фондах и вывод их из установленного пользования юридически и практически затруднен.

В настоящее время проводится широкомасштабная работа по перераспределению торфяных ресурсов республики по целевым фондам, которая в итоге должна завершиться разработкой, согласованием и утверждением новой схемы использования и охраны торфяных ресурсов Республики Беларусь на период до 2020 г.

Принцип эффективного использования природных ресурсов, особенно востребованный в настоящее время во всех областях хозяйствования, выдвигает необходимость комплексных подходов в освоении торфяных ресурсов. Реше-

нием Совета Министров Республики Беларусь [7] торфяная отрасль ориентирована на развитие новых (альтернативных) производств по глубокой переработке торфа с получением целого ряда продукции многоцелевого назначения, в том числе и импортозамещающей. Такие производства относятся к малотоннажным, безотходным и отличаются высокой экономической эффективно-

стью в сравнении с традиционным использованием этого уникального ресурса.

Анализ существующего торфяного фонда республики по выбору перспективных для комплексного использования торфяных месторождений показал, что такое сырье имеется практически по всем позициям данного направления с различной степенью обеспеченности.

Литература

1. Гаврильчик, А. П. Ресурсосберегающие технологии использования и охраны торфа и торфяных месторождений / А. П. Гаврильчик [и др.] // Природопользование. Минск, 2002. Вып. 8. С. 99–107.
2. Государственная программа «Торф» (Утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 23.11.2008 г., № 64).
3. Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь, утвержденная Указом Президента от 17 сентября 2007 г. № 433.
4. Методические указания по дифференцированному использованию и охране агроландшафтов Полесья с органогенными почвами / РУП «НПЦ НАН Беларусь по земледелию»; РУП «Ин-т мелиорации»; УО «Белорус. Гос. ун-т». Минск, 2008.
5. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 26 декабря 2006 г., № 1726 «Об утверждении плана мероприятий по использованию в республике местных топливно-энергетических ресурсов». Минск, 2006.
6. Протокол заседания Президиума Советов Министров Республики Беларусь «О ходе выполнения Государственной программы «Торф» от 21 апреля 2009 года.
7. Схема рационального использования и охраны торфяных ресурсов БССР на период до 2010 года (Брестская, Витебская, Гомельская, Гродненская, Минская, Могилевская области) : Справ. Минск., 1990 (Утв. постановлением Совета Министров БССР от 25.11.1991 г., № 440).

**Институт природопользования НАН Беларуси,
ГПО «Белтопгаз»**

Поступила в редакцию 12.09.2012 г.

А. П. Гаврильчик, Л. С. Лис, В. Б. Кунцевич, Т. И. Макаренко, А. В. Осипов

ОЦЕНКА ТОРФЯНОГО ФОНДА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В СВЯЗИ С АКТУАЛЬНЫМИ ЗАДАЧАМИ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА БЛИЖАЙШУЮ ПЕРСПЕКТИВУ

Приведены новые задачи по современному освоению торфяных запасов республики, обоснованы пути их решения в области энергетического, сельскохозяйственного и комплексного использования. Дано общее описание торфяного фонда республики, в том числе и по основным техническим характеристикам и степени изученности (разведанности). Выполнен анализ запасов торфа всего торфяного фонда для организации производств различного назначения: строительства новых брикетных заводов, предприятий по добыче фрезерного торфа, производстве по комплексной переработке. Даны распределения таких запасов по современным целевым фондам всех областей республики.

A. P. Gavrilchik, L. S. Lis, V. B. Kuntsevich, T. I. Makarenko, A. V. Osipov

ASSESSMENT OF PEAT FUND OF BELARUS RELATING TO ACTUAL TASKS OF ITS USE IN THE NEAREST PROSPECT

New problems on modern development of peat stocks of the republic are given, the ways of their decision in the field of power, agricultural and complex use are substantiated. The general description of peat fund of the republic is given, including the basic technical characteristics and exploration degree. The analysis of peat reserves of all peat fund to organize different function industries has been made: new briquette factories building, milled peat extraction enterprises, complex processing plants. Distributions of such stocks for modern target funds of all areas of the republic are given.

**Г. В. Наумова, А. Э. Томсон, Н. А. Жмакова,
Н. Л. Макарова, Т. Ф. Овчинникова**

НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ РАЗЛИЧНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ В СФАГНОВОМ ТОРФЕ

Изложены результаты исследований фенольных соединений, содержащихся в сфагновом торфе различной степени разложения. Показано, что рост степени разложения торфа приводит к уменьшению в его составе фенолкарбоновых кислот и к одновременному значительному увеличению содержания флавонолов – важной группы биологически активных соединений.

В последние годы наука и практика уделяют значительное внимание торфу не только как источнику тепловой энергии, но и как экологически чистому органогенному сырью для химической переработки, на основе которого можно получать новые продукты и материалы, востребованные современным обществом.

Условия формирования торфяной залежи и участие в этом процессе разнообразной болотной флоры – от низших растений до древесных, приводят к образованию торфа различного химического состава с преобладанием тех или иных органических компонентов. Однако в пределах любого вида торфа существует четкая зависимость: чем глубже протекает процесс торфообразования, тем больше разрушаются растительные остатки и накапливаются более устойчивые вещества различных химических классов.

Поэтому уникальным явлением представляется накопление в природе многометровых слоев малоразложившегося сфагнового торфа, формирующегося на основе сфагновых мхов.

Сфагновый торф широко распространен в природной среде. Наибольшее количество торфяных месторождений, сложенных таким торфом, сосредоточено в северном полушарии. Сфагновым торфом представлено большинство месторождений Западной Сибири в России, в странах Балтийского региона и Скандинавии.

На территории Беларуси сосредоточены значительные ресурсы сфагнового торфа, залегающего преимущественно в северной части республики на неосвоенных крупных торфяных месторождениях верхового типа – Ельня, Оболь-2, Домжерицкое и др. (около 75 % от общих запасов). В центральном регионе, восточной и юго-восточной частях Беларуси также имеются месторождения верхового типа, сложенные сфагновым торфом (Ореховский мох, Славное, Есмановский мох, Острова Дулебы), в южном регионе – Кандель-Яловец.

Органическое вещество сфагнового торфа представлено преимущественно полисахаридами (углеводами), которые тысячелетиями сохраняются в залежи в составе неразложившихся и малоразложившихся растительных тканей, не-

смотря на то, что они обычно являются первым объектом атаки микроорганизмов. Такую «самоконсервацию» сфагнового торфа в залежи принято связывать с присутствием в его составе биологически активных фенольных соединений. Сфагновый торф месторождений Беларуси детально исследован как гидролизное сырье. Большинство работ посвящено оценке его углеводного комплекса, а изучению фенольных соединений уделено незаслуженно мало внимания.

Фенольные соединения являются неотъемлемой составляющей растений, при этом речь не идет о простейших фенолах, которые относятся к высокотоксичным соединениям и встречаются в составе растений крайне редко. Имеются в виду более сложные органические соединения, необычайно разнообразные по химическому строению, но содержащие в своем составе хотя бы одно ароматическое ядро и одну или более фенольные гидроксильные группы. К таким соединениям относятся фенолкарбоновые кислоты, флавоноиды: катехины, антоцианы, флавоны, флавононы, оксикумарины и многие другие, а также конденсированные негидролизуемые соединения – дубильные вещества, лигнин. Функции этих соединений, их физиологическая роль в живой клетке чрезвычайно разнообразны. Они являются компонентами дыхательной системы, участвуют в процессе фотосинтеза, выполняют регуляторную роль в биохимических процессах, участвуют в целом ряде защитных механизмов, в формировании естественных барьеров на пути инфекции, активного антибиотического воздействия на возбудителя, в раневых и некротических реакциях, проявляют антиоксидантную, антибактериальную, инсектицидную функции.

Фенольные соединения способны аккумулироваться в торфе в составе лигно-гуминового комплекса, а также присутствовать в виде низкомолекулярных свободных соединений. Поэтому торф можно рассматривать как потенциальное сырье для получения биологически активных препаратов на их основе.

Объекты исследований – образцы наиболее распространенного на болотах Беларуси

сфагнового торфа (*Sphagnum magellanicum*) различной степени разложения, а также его растения-торфообразователя – мха *Sphagnum magellanicum*.

Характеристика исследуемых образцов по степени разложения (R), зольности (A^c), кислотности (рН водной вытяжки), элементному составу и компонентному составу торфа, выполненная по методам, изложенным в [3], представлена в табл. 1, 2.

Как видно из приведенных данных, сфагновый торф характеризуется низким содержанием минеральных веществ, кислой реакцией среды (рН 3,94–4,59). По содержанию кислорода, углерода и азота он при малой степени разложения (R 5 %) проявляет сродство со сфагновым мхом, в то время как наиболее разложившийся торф несколько богаче углеродом и азотом, но беднее кислородом, что представляется закономерным, учитывая направленность торфогенных процессов.

Таблица 1. Общетехническая характеристика исследуемых образцов магелланикум-торфа и магелланикум мха

Объект исследования	Степень разложения, торфа, %	рН водной вытяжки	A^c , %	Элементный состав, % горючей массы			
				C	H	N	O+S
Магелланикум мх	–	4,65	1,9	48,0	5,7	0,8	45,5
Магелланикум-торф	5	4,59	2,1	48,3	5,7	0,9	45,1
	15	4,34	2,6	49,8	5,8	1,2	43,2
	25	3,94	3,1	52,9	5,6	1,5	40,0

Таблица 2. Компонентный состав магелланикум-торфа и магелланикум мха (месторождение Ореховский мох)

Объект исследования	Степень разложения торфа, %	Компонентный состав торфа, % на ОМ					
		битум	ВР	ЛГ	ТГ	ГВ	НГО
Магелланикум мх	–	1,5	11,5	52,8	29,1	–	5,1
Магелланикум-торф	5	1,4	7,6	46,7	26,5	12,8	5,0
	15	2,8	5,2	39,7	25,3	19,8	7,2
	25	3,9	3,7	31,0	23,6	27,7	10,1

В компонентном составе исследуемых образцов торфа (см. табл. 2) при переходе от малой степени разложения (5 %) к средней (15 %) и наиболее высокой (25 %) происходит увеличение выхода битумов, гуминовых веществ (ГВ), негидролизуемого остатка (НГО) при одновременном снижении содержания в органическом веществе водорастворимых (ВР), легкогидролизуемых (ЛГ) и трудногидролизуемых (ТГ) веществ. Что касается сфагнового мха, то его компонентный состав, как и следовало ожидать, отличается самым высоким выходом полисахаридов различного строения (гемицеллюлоз и целлюлозы).

Исследовано содержание в этом торфе, а также в растении-торфообразователе – магелланикум мхе, отдельных групп биологически активных соединений, а именно свободных фенольных соединений, в том числе фенолкарбоновых кислот, катехинов и флавонолов.

Содержание свободных и летучих фенольных соединений в сфагновом торфе определяли общепринятыми методами [5], предусматривающими соответственно экстракцию этих соединений этиловым спиртом или их отгон из торфа водяным паром с последующим спектрофотометрическим измерением интенсивности окрашивания цветных продуктов, образующихся при взаи-

модействии фенольных соединений с реагентом Фолина–Дениса.

Для выделения катехинов, флавонолов и фенолкарбоновых кислот торф и мх экстрагировали этанолом (1:100). При изучении катехинов применяли известные в биохимии методы, изложенные в [2], фенолкарбоновые кислоты в пересчете на хлорогеновую кислоту находили по [1]. Качественное и количественное определение флавонолов осуществляли спектрофотометрически с использованием для их разделения двухмерной бумажной хроматографии [4]. Содержание свободных фенольных соединений в спиртовых экстрактах этих образцов представлено в табл. 3.

Как видно из приведенных данных, в сфагновом мхе содержание свободных фенольных соединений составляет 13,0 мг/г сухого вещества, а в образцах сфагнового торфа – 8,8–12,3 мг/г. При этом наиболее высокий показатель их выхода (12,3 мг/г) характерен для торфа с минимальной степенью разложения, в то время как наиболее разложившийся торф содержит значительно меньше (8,8 мг/г) соединений этой группы. Следовательно, разложение сфагнового торфа в залежи под воздействием микрофлоры, физических и химических факторов приводит к

постепенному снижению в нем свободных фенольных соединений, что может быть обусловлено, с одной стороны, их вымыванием и поступлением в болотные воды, а с другой стороны, являясь химически активными, они могут участвовать в синтезе высокомолекулярных фенолсодержащих компонентов торфа: фульвокислот, гуминовых кислот и др.

Значительный интерес представляло изучение содержания летучих фенольных соединений. Их определяли в составе водных отгонов сфагнового торфа. Результаты эксперимента приведены в табл. 4.

В составе водных отгонов обнаружены фенольные соединения, содержание которых для всех исследуемых образцов торфа существенно не отличается и находится в пределах 6–10 мг%, что составляет 0,68–0,81 % от суммарного содержания свободных фенольных соединений, в то время как сфагновый мох содержит их несколько больше.

Важными группами фенольных веществ, принимающими активное участие в процессах жизнедеятельности живых организмов, являются катехины, фенолкарбоновые кислоты и флавонолы.

Результаты определения катехинов в магелланикум-торфе с различной степенью разложения и магелланикум мхе представлены в табл. 5.

Как видно из приведенных данных, катехины магелланикум мха и торфа в процессе гумификации претерпевают сложные изменения. После отмирания мха и перехода в торфяную стадию их содержание несколько снижается (с 70 до 65 мг%), а в процессе последующей гумификации растительных остатков заметно возрастает – до 84,4 мг% у торфа с R 25 %. Такая же закономерность наблюдается при пересчете их количественного содержания к сумме фенольных соединений.

Таблица 3. Содержание свободных фенольных соединений в магелланикум мхе и магелланикум-торфе различной степени разложения

Объект исследования	Степень разложения торфа, %	Свободные фенольные соединения, мг% в сухой массе
Магелланикум мох	–	1300,0
	5	1230,0
Магелланикум-торф	15	990,0
	25	880,0

Таблица 4. Содержание летучих фенольных соединений в магелланикум мхе и магелланикум-торфе

Объект исследования	Степень разложения торфа, %	Содержание летучих фенольных соединений	
		мг% в сухой массе	% от суммы фенольных соединений
Магелланикум мох	–	11	0,85
	5	10	0,81
Магелланикум-торф	15	7	0,71
	25	6	0,68

Таблица 5. Содержание катехинов в магелланикум-торфе и магелланикум мхе

Объект исследования	Степень разложения торфа, %	Содержание катехинов	
		мг% в сухой массе торфа	% от суммы фенольных соединений
Магелланикум мох	–	71,5	5,5
	5	65,2	5,3
Магелланикум-торф	15	72,6	7,4
	25	84,4	9,5

Содержание фенолкарбоновых кислот в магелланикум-торфе и, для сравнения, в магелланикум мхе представлены в табл. 6.

Обращает на себя внимание, что фенолкарбоновыми кислотами в магелланикум мхе представлено более 6 % суммарного содержания свободных фенольных соединений, в то время как у малоразложившегося торфа (R 5–15 %) – в

пределах 4,3–5,5 %, а у наиболее гумифицированного торфа (R 25 %) – лишь 2,2 %.

Следовательно, процесс гумификации сопровождается существенными потерями фенолкарбоновых кислот. Так, у наиболее гумифицированного торфа сохраняется лишь 25 % этих соединений в сравнении с их содержанием в магелланикум мхе (соответственно 19,1 и 86,0 мг% на сухую массу торфа). Это обусловле-

но высокой реакционной способностью фенолкарбоновых кислот и их участием в образовании специфических высокомолекулярных соединений фенольной природы – гуминовых веществ.

Результаты определения флавонолов в магелланикум мхе и магелланикум-торфе (табл. 7) свидетельствуют о том, что они присутствуют в значительных количествах в данных природных продуктах.

Анализ показывает, что флавонолами у магелланикум-торфа со степенью разложения 25 % представлено почти 50 % свободных фенольных соединений, в то время как у исходного магелланикум мха и малоразложившегося торфа этот показатель находится в пределах 18–36 %. Следовательно, флавонолы не только сохраняются при переходе от мха к торфу, но и количественно возрастают, что, по-видимому, связано со вторичным формированием структур флавонида иного строения в процессе гумификации.

Таблица 6. Содержание фенолкарбоновых кислот в магелланикум мхе и магелланикум-торфе

Объект исследования	Степень разложения торфа, %	Содержание фенолкарбоновых кислот	
		мг% в сухой массе торфа	% от суммы фенольных соединений
Магелланикум мх	–	86,0	6,6
	5	68,3	5,5
Магелланикум-торф	15	42,9	4,3
	25	19,1	2,2

Таблица 7. Содержание флавонолов в магелланикум мхе и магелланикум-торфе

Объект исследования	Степень разложения торфа, %	Содержание флавонолов	
		мг% в сухой массе	% от суммы фенольных соединений
Магелланикум мх	–	238,5	18,4
	5	280,4	22,8
Магелланикум-торф	15	353,8	35,8
	25	430,6	48,9

Таблица 8. Содержание свободных фенольных соединений в низинном (осоковый) и верховом (магелланикум) торфе различной степени разложения

Вид торфа	Степень разложения, торфа, %	Содержание свободных фенольных соединений, мг/г торфа
Осоковый	15	6,9
	25	5,3
	35	4,5
Магелланикум	5	12,3
	15	9,9
	25	8,8

Как видно, содержание свободных фенолов в торфе определяется не только степенью его разложения, но и видовой принадлежностью. Так, при одинаковой степени разложения сфагновый и осоковый торф существенно различаются по содержанию свободных фенольных соединений. При этом торф моховой группы содержит большее их количество, чем низинный осоковый:

Таким образом, установлено, что в процессе отмирания сфагновых мхов и их последующей гумификации в условиях болот фенольные соединения различного химического строения претерпевают неодинаковые превращения. При снижении уровня фенолкарбоновых кислот в торфе с увеличением степени разложения наблюдается аккумуляция флавонолов и некоторое повышение содержания катехинов.

Представляло интерес сравнение верхового и низинного торфа по содержанию в них свободных фенольных соединений.

Объектом исследования служили верховой сфагновый магелланикум-торф, а из низинных – осоковый. Использовали образцы торфов различной степени разложения.

Результаты определения фенольных соединений в спиртовых экстрактах торфа представлены в табл. 8.

9,9 и 6,9 мг/г торфа при R 15 % и 8,8 и 5,3 мг/г торфа при R 25 % соответственно.

С увеличением степени разложения магелланикум-торфа с 5 до 25 % выход свободных фенольных соединений в его экстрактах снижается с 12,3 до 8,8 мг/г торфа, а у осокового торфа рост степени разложения с 15 до 35 % приводит к снижению этих показателей с 6,9 до 4,5 мг/г торфа. Уменьшение содержания свободных фе-

нольных соединений в торфе с ростом степени разложения можно объяснить активным участием данной группы соединений в синтезе гуминовых веществ.

Можно полагать, что именно повышенное содержание свободных фенольных соединений в сфагновом торфе обеспечивает его применение на практике в качестве консерванта кормов, бактерицидного упаковочного материала для хранения фруктов, овощей, приготовления бактерицидных повязок и так далее, а на его основе можно получать препараты для защиты растений от болезнетворных организмов.

Таким образом, установлено, что в процессе отмирания сфагновых мхов и их последующей гумификации в условиях болот фенольные соединения различного химического строения претерпевают неодинаковые превращения. При снижении уровня фенолкарбоновых кислот в торфе с увеличением степени разложения наблюдается аккумуляция флавонолов и некоторое повышение содержания катехинов. Эти изменения могут сказываться на химическом составе и биологической активности препаратов, получаемых на основе сфагнового торфа.

Л и т е р а т у р а

1. Волынец, А. П. Методы определения фитогормонов, ингибиторов роста, дефолиантов и гербицидов / А. П. Волынец, С. М. Моштаков. Минск, 1973. С. 39–43.
2. Запрометов, М. Н. Биохимия катехинов / М. Н. Запрометов. М., 1964.
3. Лиштван, И. И. Основные свойства торфа и методы их определения / И. И. Лиштван, Н. Т. Король. Минск, 1975.
4. Максютина, Н. П. Методы выделения и исследования флавоноидных соединений / Н. П. Максютина, В. И. Литвиненко // Фенольные соединения и их биологические функции. М., 1968. С. 7–26.
5. Методы биохимического исследования растений / Под общ. ред. А. И. Ермакова. Л., 1998. С. 112–113.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 28.09.2012 г.

Г. В. Наумова, А. Э Томсон, Н. А. Жмакова, Н. Л. Макарова, Т. Ф. Овчинникова

НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ РАЗЛИЧНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ В СФАГНОВОМ ТОРФЕ

Фенольные соединения способны аккумулироваться в торфе в составе лигно-гуминового комплекса, а также присутствовать в виде низкомолекулярных свободных соединений, к числу которых относятся фенолкарбоновые кислоты, катехины, антоцианы, флавоны, флавононы, оксикумарини и многие др.

Объектами исследований являлись образцы наиболее распространенного на болотах Беларуси сфагнового торфа (*Sphagnum magellanicum*) различной степени разложения, а также его растения-торфообразователя – мха *Sphagnum magellanicum*.

Определение суммы свободных фенольных соединений в спиртовых экстрактах этих образцов показало, что сфагновый мох содержит данные соединения в количестве 13,0 мг/г сухого вещества, а образцы торфа – 8,8–12,3 мг/г. Наиболее высокий показатель их выхода (12,3 мг/г) характерен для торфа с минимальной степенью разложения, а с ростом степени разложения их содержание значительно уменьшается. То есть разложение сфагнового торфа в залежи под воздействием микрофлоры, физических и химических факторов приводит к постепенному снижению в нем свободных фенольных соединений, что может быть обусловлено их вымыванием и поступлением в болотные воды, а также участием в синтезе специфических высокомолекулярных фенол-содержащих компонентов торфа: фульвокислот, гуминовых кислот и др.

Показано, что процесс гумификации сопровождается существенными потерями фенолкарбоновых кислот. Так, у наиболее гумифицированного торфа сохраняется лишь 25 % этих соединений в сравнении с их содержанием в сфагновом мхе (соответственно 19,1 и 86,0 мг% на сухую массу торфа).

Катехины в процессе гумификации претерпевают сложные изменения. После отмирания мха и перехода в торфянную стадию их содержание несколько снижается (с 70 до 65 мг%), а в процессе последующей гумификации растительных остатков заметно возрастает – до 84,4 мг% у торфа с R 25 %.

Флавонолами у сфагнового торфа со степенью разложения 25 % представлено почти 50 % свободных фенольных соединений, в то время как у исходного сфагнового мха и малоразложившегося торфа данный показатель находится в пределах 18–36 %. Следовательно, флавонолы не только сохраняются при переходе от мха к торфу, но и количественно возрастают, что, по-видимому, связано со вторичным формированием структур флавоноидного строения в процессе гумификации.

Таким образом, фенольные соединения различного химического строения в процессе гумификации претерпевают неодинаковые превращения. При снижении уровня содержания фенолкарбоновых кислот в торфе с увеличением степени разложения наблюдается аккумуляция флавонолов и некоторое повышение содержания катехинов.

G. V. Naumova, A. E. Thomson, N. A. Zhmakova, N. L. Makarova, T. F. Ovchinnikova

THE LOW-MOLECULAR PHENOL COMPOUNDS OF VARIOUS CHEMICAL NATURE IN SPHAGNUM PEAT

Phenol compounds may accumulate in peat as a part of lignin-humic complex, and also be present as low-molecular free compounds which number refers to phenol-carbonic acids, catechols, antocianes, flavones, flavonones, oxicumarines etc.

The researches objects were samples of the most widespread on bogs of Belarus sphagnum peat (*Sphagnum magellanicum*) of various degree of decomposition, and also its peat forming plants – moss *Sphagnum magellanicum*.

The definition of the sum of free phenol compounds in spirit extracts of these samples has shown, that sphagnum moss contains these connections in amount of 13,0 mg/g of dry matter, and samples of peat – 8,8–12,3 mg. The highest indicator of their exit (12,3 mg/g) is characteristic for peat with minimum degree of decomposition, and with growth of decomposition degree their content considerably decreases, i. e. a decomposition of sphagnum peat in a deposit under the influence of micro-flora, physical and chemical factors result in gradual decrease of free phenol compounds in it that can be caused by their washing away and income into marsh waters, as well as participation in synthesis of specific high-molecular phenol-containing peat components: fulvic and humic acids, etc.

It has been shown that humification process is accompanied by essential losses of phenol-carbonic acids. Thus, the most humified peat keeps only 25 % of these compounds in comparison with their content in sphagnum moss (19,1 and 86,0 mg% per peat dry weight accordingly).

Catechols in the process of humification undergo difficult changes. After moss dying off and transition into a peat stage their content decreases a little (from 70 to 65 mg%), and in the course of subsequent humification the vegetative rests considerably increases – till 84,4 mg% in peat with R 25 %.

The flavonols in sphagnum peat of decomposition degree 25 % present almost 50 % of free phenol compounds, while the initial sphagnum moss and weakly decomposed peat has this indicator in the limits of 18–36 %. Hence, the flavonols not only remain at the transition from moss to peat, but also quantitatively increase, that, apparently, is due to secondary formation of flavonoid structures in the process of humification.

Thus, phenol compounds of various chemical structure in the process of humification undergo unequal transformations. At the decrease in the level of phenol-carbonic acids content in peat with the increase in the degree of decomposition the accumulation of flavonols is observed and certain catechols increase.

С. И. Коврик, Н. Н. Бамбалов

ПОЛУЧЕНИЕ РАСТВОРИМЫХ МЕДЬ-ЦИНК-ГУМИНОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТОРФА

Показано, что при взаимодействии щелочных растворов гуминовых веществ с медь-цинк-бикатионными растворами при соотношении $(\Sigma \text{Me})/\text{ГВ} > 0,5$ образуются нерастворимые медь-цинк-гуминовые соединения. Для получения при таких соотношениях $(\Sigma \text{Me})/\text{ГВ}$ растворимых медь-цинк-гуминовых соединений щелочные растворы гуминовых веществ необходимо вводить в реакционную среду только после образования комплексных соединений катионов меди и цинка с трилоном Б и аммиаком.

Специфическая структура и физико-химические свойства гуминовых веществ (ГВ) позволяют использовать их как качестве сорбционно-обменных материалов в процессах очистки сточных вод [12], так и при получении биологически активных удобрений, содержащих микроэлементы [5]. Это связано с тем, что при взаимодействии ГВ с ионами металлов образуются разнообразные связи (гетерополярные, комплексные и комплексно-гетерополярные) [1], которые определяют многообразие физических и химических свойств образующихся металлгуминовых соединений (МГС), последние могут быть как растворимыми, так и нерастворимыми. Состав и свойства образующихся соединений определяются природой металлов, свойствами ГВ, а также условиями их формирования.

Цель работы – изучение условий получения растворимых и нерастворимых медь-цинк-гуминовых соединений (CuZnGC) в зависимости от соотношения $(\Sigma \text{Me})/\text{ГВ}$ и возможности образовывать комплексные соединения с трилоном Б и аммиаком.

Методика проведения эксперимента заключалась во введении щелочных растворов ГВ торфа в медь-цинк-бикатионные растворы различных концентраций и объемов в статических условиях. Щелочные растворы ГВ (рН 12,0–12,7) получали экстракцией осоково-тростникового торфа (A 11,6 %, w 20–30 % и R 30–35 %) раствором 2 %-ного гидроксида натрия с модулем 1:10 при нагревании в течение 1 ч на водяной бане при постоянном перемешивании. После охлаждения смесь центрифугировали, фугат фильтровали через бумажный фильтр, затем в фильтрате (рН 11,5–12,7) по методу Тюрина [2] определяли концентрацию ГВ, она составляла 40–45 г/л.

При взаимодействии щелочных растворов ГВ с поливалентными катионами в зависимости от соотношения $(\Sigma \text{Me})/\text{ГВ}$ могут образовываться как нерастворимые, так и растворимые МГС [7, 11]. Образование нерастворимых МГС связано с тем, что при взаимодействии с поливалентными катионами часть полярных групп ГВ связывается, отталкивание между отрицательно заря-

женными функциональными группами ГВ ослабляется, вновь образованная молекула свертывается и выпадает в осадок [4, 8]. Как следует из данных табл. 1, при соотношениях $(\Sigma \text{Me})/\text{ГВ} > 0,5$ определенная часть катионов меди и цинка связывается в нерастворимые CuZnGC .

Таблица 1. Степень связывания F катионов меди и цинка щелочным раствором, содержащим 0,05 г/дм³ ГВ торфа, %

Соотношение $(\Sigma \text{Me})/\text{ГВ}$	F_{Cu}	F_{Zn}
10:1	24	0
2,5:1	47	0
2:1	52	10
1:1	72	12
1:1,5	85	22
1:2	92	28
1:2,5	*	*

Примечания. Концентрация катионов меди, цинка равна 0,25 г/дм³. * Осадок не образуется.

Вследствие полиосновности ГВ прочность связывания поливалентных катионов неодинакова, что проявляется в возможности их ступенчатого выделения в нерастворимые МГС [9]. В нашем случае из-за того, что комплексообразующая способность катионов меди выше, чем цинка [11], последние связываются в меньших количествах ($(\Sigma \text{Me})/\text{ГВ} = 1:2,5$; $F_{\text{Zn}}^{\max} = 28\%$; $F_{\text{Cu}}^{\max} = 92\%$) или остаются в растворе ($(\Sigma \text{Me})/\text{ГВ} = 10:1 - F_{\text{Zn}} = 0$; $F_{\text{Cu}} = 24\%$ и $(\Sigma \text{Me})/\text{ГВ} = 2,5:1 - F_{\text{Zn}} = 0$; $F_{\text{Cu}} = 47\%$).

Полученные выше данные представляют интерес при использовании щелочных растворов ГВ торфа для очистки сточных вод от катионов меди и цинка. Во-первых, при такой очистке достигается высокий процент связывания катионов меди и цинка в нерастворимые CuZnGC . Во-вторых, существуют условия селективного выделения определенного металла в МГС, так при обработке в соотношениях $(\Sigma \text{Me})/\text{ГВ} = 10:1$ и $2,5:1$ медь-цинк-бикатионных растворов происходит связывание только катионов меди. В третьих, образуются осадки с высоким содержанием CuZnGC , из которых в дальнейшем можно рекуперировать металлы [12].

Из табл. 1 видно, что при соотношениях $(\Sigma\text{Me})/\text{ГВ}$ меньших 0,5 образуются растворимые CuZnGC . Это вызвано тем, что при избытке ГВ в соотношении $(\Sigma\text{Me})/\text{ГВ}$ количество функциональных групп ГВ, взаимодействующих с катионами, уменьшается, что в меньшей степени изменяет гидратационные характеристики и растворимость молекул и приводит к образованию растворимых МГС.

В сельском хозяйстве для обработки семян и опрыскивания растений применяют удобрения, которые содержат МГС в растворимой форме, причем соотношение $(\Sigma\text{Me})/\text{ГВ}$ больших 5. Для предотвращения образования осадков при таких соотношениях необходимо, чтобы еще до взаимодействия щелочных растворов ГВ с катионами последние находились в форме комплексных соединений. При этом надо использовать такие лиганды, у которых константы устойчивости растворимых комплексных соединений с катионами выше констант устойчивости нерастворимых МГС.

Для предотвращения выпадения осадка исследовали возможность фиксации катионов в

растворе за счет образования растворимых комплексных соединений с аммиаком. Установлено, что при использовании только аммиака можно получать концентрированные CuZnGC , при разбавлении которых образуются темноокрашенные осадки (табл. 2). Учитывая, что:

- при отсутствии катионов цинка в концентрированном растворе при разбавлении не образуется осадок;

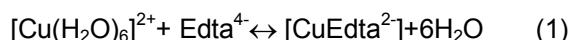
- константа нестойкости аммиачных комплексных соединений с медью ($K_h (\text{Cu}(\text{NH}_3)_5^{2+}) 6,4 \cdot 10^{-13}$) меньше, чем с цинком ($K_h (\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+}) 3,5 \cdot 10^{-10}$) [10], можно предположить, что при разбавлении концентрированных растворов происходит усиление гидролиза менее устойчивых комплексных соединений цинка с аммиаком, которое приводит к снижению устойчивости смешанных медь-цинк-аммиачных комплексов и способствует образованию нерастворимых осадков, представляющих смесь гидроксидов цинка, меди и CuZnGC .

Таблица 2. Влияние концентрации ГВ, аммиака на образование осадков в медь-цинк-аммиачных растворах

Cu^{2+} г/дм ³	Zn^{2+} г/дм ³	ГВ , г/дм ³	NH_3 , г/дм ³	Наличие осадка	
				в концентрированном растворе	в разбавленном растворе
25	—	5	63	Нет	Нет
—	25	5	63	Нет	Сразу образуется осадок
—	25	—	П	Нет	Сразу образуется осадок
25	25	—	—	Нет	Мутный раствор, осадок образуется через 15 мин
25	25	—	63	Нет	Мутный раствор, осадок образуется через 5 мин
25	25	—	68	Нет	Мутный раствор, осадок образуется через 7 мин
25	25	5	68	Нет	Сразу образуется осадок
25	25	—	159	Нет	Мутный раствор, осадок образуется через 10 мин
25	25	5	П	Нет	Мутный раствор, осадок образуется через 15 мин
25	25	10	П	Нет	Мутный раствор, осадок образуется через 5 мин

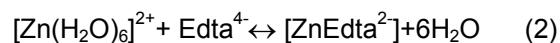
Примечание. П – раствор приготовлен только с использованием 25 %-ного раствора аммиака.

В настоящее время в Голландии, Финляндии и Германии при производстве микроудобрений используют трилон Б [3]. Это связано не только с допустимостью применения трилона Б в сельском хозяйстве, но и с тем, что многие катионы образуют с данным комплексообразователем достаточно устойчивые комплексные соединения, так для исследуемых катионов $K_h (\text{CuEdta}^{2-}) 1,6 \cdot 10^{-19}$ и $K_h (\text{Zn Edta}^{2-}) 3,2 \cdot 10^{-17}$ [6].



Согласно уравнению 1 для связывания 1 г катионов меди в растворимое комплексное со-

единение необходимо использовать 6,51 г трилона Б.



Согласно уравнению реакции 2 для связывания 1 г катионов цинка в растворимое комплексное соединение необходимо использовать 6,46 г трилона Б.

Таким образом, для того, чтобы получить раствор, содержащий в виде растворимых комплексных соединений 25 г/дм³ Cu^{2+} и 25 г/дм³ Zn^{2+} , потребуется не менее 324,25 г/дм³ трилона Б.

Поскольку для приготовления растворов используется водопроводная вода, в которой содержится около 50–80 мг/дм³ Ca^{2+} и 10–30 мг/дм³ Mg^{2+} , то для предотвращения выпадения в осадок катионов жесткости, количество трилона Б должно быть на 1–10 г/дм³ больше стехиометрически рассчитанного.

Концентрированные растворы CuZnГС получали следующим образом: сначала сульфаты меди и цинка растворяли в рассчитанных количествах аммиака. Для полного растворения солей раствор подогревали на водяной бане до температуры 40–50 °C. Затем добавляли необходимое количество трилона Б. После охлаждения до 10–20 °C вводили такое рассчитанное количество щелочного раствора ГВ, чтобы соотношение Cu:Zn:ГВ составляло 25:25:5 г/дм³.

Приготовленные концентрированные растворы оставляли на 24 ч при температуре 15–22 °C, затем разбавляли в 100 раз. Таким образом, в разбавленных растворах концентрация каждого катиона составляла 0,25 г/дм³, а ГВ – 0,05 г/дм³. Далее в течение дня наблюдали за состоянием разбавленных растворов, о котором судили по изменению значения коэффициента пропускания: чем выше значение коэффициента, тем более устойчив раствор.

Установлено, что для получения устойчивых концентрированных растворов CuZnГС, со-

держащих в растворимой форме по 25 г/дм³ катионов меди и цинка и 5 г/дм³ ГВ, необходимо использовать 350–400 г/дм³ трилона Б и 68,0–90,6 г/дм³ аммиака. Поскольку:

- коэффициент пропускания рабочего раствора с концентрацией аммиака 0,84 г/дм³ (кривая 1, рис. 1) в среднем на 10 % выше, чем у рабочего раствора с концентрацией 0,906 г/дм³ (кривая 2, рис. 1), что свидетельствует об уменьшении стабильности последних растворов;
- у рабочего раствора с концентрацией аммиака 0,84 г/дм³ pH меньше 10 (рис. 2), то оптимальная концентрация аммиака в концентрированном растворе, содержащем по 25 г/дм³ Cu^{2+} и Zn^{2+} и 5 г/дм³ ГВ, составляет 84 г/дм³. Введение дополнительных количеств аммиака приводит к увеличению pH рабочих растворов, что является нежелательным (см. рис. 2).

Оптимальной концентрацией трилона Б в концентрированном растворе CuZnГС является 350 г/дм³. Введение больших количеств трилона Б нецелесообразно, так как прозрачность раствора при этом практически не изменяется (рис. 3). Наоборот, появляется опасность получения пересыщенного раствора. Трилон Б лучше всего вводить после образования аммиакатов меди и цинка. Тогда растворение трилона Б происходит быстрее, за счет чего сокращается время приготовления растворов.

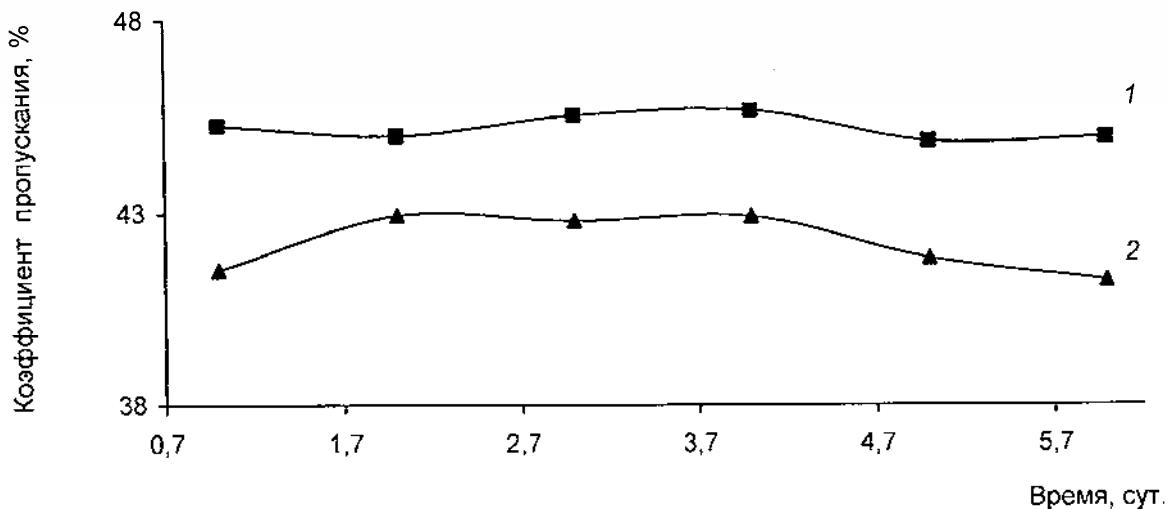


Рис. 1. Изменение коэффициента пропускания света K разбавленным раствором CuZnГС, содержащим 0,35 г/дм³ трилона Б и 0,84 г/дм³ (кривая 1) или 0,906 г/дм³ (кривая 2) аммиака, в зависимости от времени

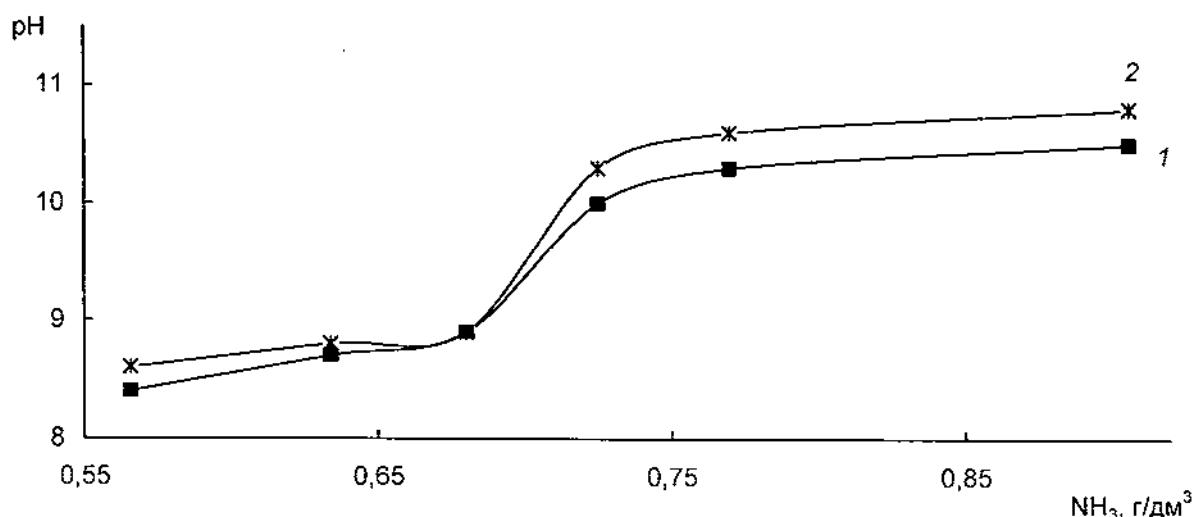


Рис. 2. Влияние концентрации аммиака на pH разбавленного раствора CuZnGC, содержащего $3 \text{ г}/\text{дм}^3$ (кривая 1) и $3,5 \text{ г}/\text{дм}^3$ (кривая 2) трилона Б

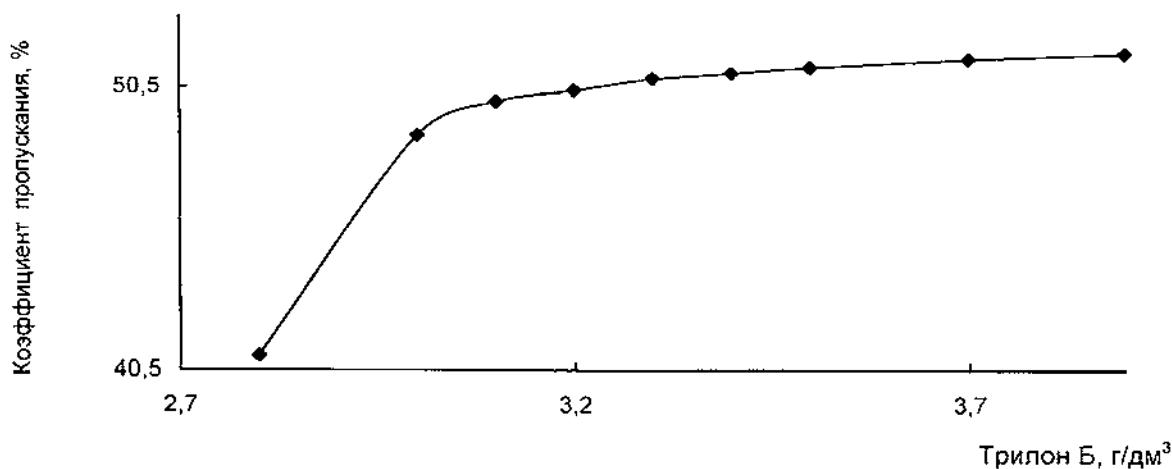


Рис. 3. Зависимость коэффициента пропускания света K разбавленным раствором CuZnGC от концентрации трилона Б

Принципиально важно, чтобы до введения щелочных растворов ГВ в растворе находились комплексные соединения катионов меди и цинка с аммиаком и трилоном Б.

Микроэлементные гуминовые удобрения, содержащие медь и цинк, прошли двухгодичные испытания в НИРУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларусь». Сроки их хранения в темном помещении при комнатной температуре превысили 2 года.

Таким образом, при очистке медь-цинк-бикационных растворов, когда должны быть получены нерастворимые CuZnGC, щелочные рас-

творы ГВ необходимо вводить при соотношении $(\Sigma \text{Me})/\text{ГВ}$ большем 0,5. Следует учитывать, что при соотношении $(\Sigma \text{Me})/\text{ГВ}=10:1$ и $5:2$ происходит селективное связывание катионов меди. Для получения при указанных соотношениях $(\Sigma \text{Me})/\text{ГВ}$ растворимых CuZnGC необходимо, чтобы до введения щелочных растворов ГВ катионы меди и цинка были связаны в комплексные соединения с трилоном Б и аммиаком. Так, для получения концентрированных CuZnGC с концентрациями компонентов $\text{Cu}:\text{Zn}:\text{ГВ} = 25:25:5 \text{ г}/\text{дм}^3$ необходимо использовать $350 \text{ г}/\text{дм}^3$ трилона Б и $84 \text{ г}/\text{дм}^3$ аммиака.

Литература

1. Александрова, Л. Н. Органическое вещество почв и пути его трансформации / Л. Н. Александрова. Л., 1980.
2. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. М., 1962.
3. Булыгин, С. Ю. Микроэлементы в сельском хозяйстве / С. Ю. Булыгин [и др.]; под общ. ред. С. Ю. Булыгина. Днепропетровск, 2007.
4. Варшал, Г. М. Комплексообразование с гуминовыми кислотами как фактор рассеяния и концентрирования загрязняющих элементов в объектах окружающей среды / Г. М. Варшал [и др.] // Химия радионуклидов и металлических ионов в природных объектах : Тез. докл. междунар. конф. М., 1992. С. 33–34.
5. Горовая, А. И. Гуминовые вещества / А. И. Горовая [и др.]. Киев, 1995.
6. Дятлова, Н. М. Комплексоны и комплексоны металлов / Н. М. Дятлова [и др.]. М., 1988.
7. Коврик, С. И. Формирование металл-гуминовых комплексов в процессе очистки сточных вод препаратами на основе торфа : дис. ... канд. техн. наук / С. И. Коврик. Минск, 2005.
8. Ладонин, Д. В., Марголина, С. Е. Взаимодействие гуминовых кислот с тяжелыми металлами / Д. В. Ладонин, С. Е. Марголина // Почвоведение. 1997. № 7. С. 806–811.
9. Лапин, И. А., Красюков В. Н. Роль гумусовых веществ в процессах комплексообразования и миграции металлов в природных водах / И. А. Лапин, В. Н. Красюков // Водные ресурсы. 1986. № 1. С. 134–145.
10. Лурье, Ю. Ю. Справочник по аналитической химии / Ю. Ю. Лурье. М., 1989.
11. Пинский, Д. Л. К вопросу о механизмах ионообменной адсорбции тяжелых металлов почвами / Д. Л. Пинский // Почвоведение. 1998. № 11. С. 1348–1355.
12. Тимофеева, С. С. Современное состояние технологии регенерации и утилизации металлов сточных вод гальванических производств / С. С. Тимофеева // Химия и технология воды. 1990. Т. 12, № 3. С. 237–245.

Институт природопользования НАН Беларуси

Поступила в редакцию 02.10.2012 г.

S. I. Kovrik, N. N. Bambalov

ПОЛУЧЕНИЕ РАСТВОРИМЫХ МЕДЬ-ЦИНК-ГУМИНОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТОРФА

Установлены условия получения нерастворимых и растворимых медь-цинк-гуминовых соединений в зависимости от соотношения $(\Sigma \text{Me})/\text{ГВ}$ и наличия трилона Б и аммиака.

Показано, что при взаимодействии щелочных растворов ГВ с медь-цинк-бикационными растворами при соотношении $(\Sigma \text{Me})/\text{ГВ} > 0,5$ образуются нерастворимые медь-цинк-гуминовые соединения. Это соотношение необходимо соблюдать при использовании щелочных растворов ГВ торфа при очистке медь-цинк-бикационных растворов.

Для получения при указанных соотношениях $(\Sigma \text{Me})/\text{ГВ}$ растворимых медь-цинк-гуминовых соединений щелочной раствор ГВ необходимо вводить только после образования комплексных соединений катионов меди и цинка с аммиаком и трилоном Б.

Получены устойчивые концентрированные растворы CuZnHC, содержащие в растворимой форме по $25 \text{ г}/\text{dm}^3$ катионов меди и цинка и $5 \text{ г}/\text{dm}^3$ ГВ, $350 \text{ г}/\text{dm}^3$ трилона Б и $84 \text{ г}/\text{dm}^3$ аммиака.

S. I. Kovrik, N. N. Bambalov

PRODUCTION OF SOLUBLE COPPER-ZINC-PEAT COMPOUNDS

Conditions of insoluble and soluble copper-zinc-humic compounds production depending on the parity of $(\Sigma \text{Me})/\text{HM}$: HM and trilon B presence and ammonia were found.

It has been shown, that interaction of HM alkaline solutions with copper-zinc-bi-cationic ones at a parity $(\Sigma \text{Me})/\text{HM} > 0,5$ results in the insoluble copper-zinc-humic compounds. This parity should be followed to observe the use of HM alkaline solutions peat to purify copper-zinc-bi-cationic solutions.

To obtain at the specified parities $(\Sigma \text{Me})/\text{HM}$ a soluble copper-zinc-humic compounds the HM alkaline solution should be introduced only after the formation of complex compounds of copper and zinc cations with ammonia and trilon B.

The persistent concentrated solutions of CuZnHC each containing in the soluble form $25 \text{ g}/\text{dm}^3$ of copper and zinc cations and $5 \text{ g}/\text{dm}^3$ of HM, $350 \text{ g}/\text{dm}^3$ of trilon and $84 \text{ g}/\text{dm}^3$ of ammonia have been obtained.

М. Ф. Степуро

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ПОТРЕБЛЕНИЯ И ВЫНОС ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ БЕЛОКОЧАННОЙ КАПУСТОЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Приведены результаты полевых опытов по изучению влияния разных видов и форм минеральных удобрений на фоне действия 60 т/га навоза на потребление элементов питания, их хозяйственный и удельный вынос продукцией капусты белокочанной. Определены размеры потребления азота, фосфора и калия на формирование 10 т кочанов капусты и установлены оптимальные дозы удобрений, обеспечивающие их положительный баланс в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

Оптимизация круговорота и баланса элементов минерального питания в агросистемах разной интенсивности использования, включая овощные севообороты, играет важную роль в направлении рационального природопользования и сохранения плодородия почв.

Потребность растений в определенном количестве и сочетании питательных элементов обусловливается их биологическими особенностями. Однако на содержание элементов минерального питания у растений одного вида и даже сорта может влиять (в определенных пределах) возраст, почвенные и климатические условия и удобрения. Для роста и развития растений важно знать поступление питательных веществ по периодам роста. В первый период растения овощных культур наиболее нуждаются в азоте и фосфоре, затем – в калии. Количественная потребность в элементах питания определяется биологическими особенностями растений и другими факторами. Поступление питательных веществ в молодые растения всегда определяет образование сухой массы, поэтому в молодом возрасте они содержат больше азота, фосфора, калия, кальция, магния и других элементов, чем в более поздние периоды развития [6, 10].

Потребность в питательных веществах определяется химическим составом и выносом их урожаем. Следует различать биологический вынос – такое количество питательных веществ, которое потребляется растениями для создания биологической массы урожая. В данном случае частично потребленные элементы питания могут быть возвращены в почву с растительными остатками. Хозяйственный вынос представляет ту часть питательных веществ, которая содержится в товарной продукции и увозится с поля при уборке [10].

Вынос элементов питания растениями зависит от химического состава последних, в свою очередь зависящего от типа почв, доз вносимых удобрений, метеорологических условий и других факторов.

Для нормального функционирования растительного организма необходимо строго соблюдать соотношение катионов и анионов во внешней среде. Это положение является теоретической основой разработки и обоснования системы питания. Наряду с ним существует и физико-химический антагонизм одноименно заряженных ионов, и при поступлении в клетку они мешают друг другу, однако такое явление может быть и несущественным. С целью обоснования режима некорневых подкормок овощных культур в листьях опытных растений исследовали сезонную динамику накопления азота, фосфора и калия [1, 2, 3, 6, 10].

Контроль за динамикой потребления элементов питания растениями по fazам роста и развития очень важен для правильной оценки влияния почвенного плодородия и возможностей получения программируемых урожаев овощных культур. Необходимо также знать, какой уровень питательных веществ следует поддерживать в почве, чтобы создать растениям наиболее благоприятные условия для роста и развития [11–13, 15].

Выявлено, что интенсивность потребления элементов минерального питания зависит не только от биологических особенностей растений и внешней среды, но и от количества энергии и органических веществ, образованных ими в процессе фотосинтеза. Известно, что растение через листья усваивает 95 % и более углекислоты и может усваивать путем некорневого питания из водных растворов зольные элементы, серу и азот. Однако основное количество азота, воды и зольных элементов в растение поступает из почвы через корневую систему [7, 14].

По овощным культурам, возделываемым в открытом грунте, имеется очень мало исследований уровней оптимального содержания питательных веществ в листьях по периодам роста и развития растений.

В РУП «Институт овощеводства» в течение 2006–2008 гг. исследовали влияние простых и комплексных минеральных удобрений в сочета-

ния с органическими на потребление и вынос элементов питания капустой белокочанной. При изучении влияния доз минеральных и органических удобрений на урожайность и качество продукции капусты белокочанной использовали соломистый навоз крупного рогатого скота, содержащий 0,50–0,55 % азота, 0,25–0,26 фосфора и 0,60–0,65 % калия. Для основного внесения применяли следующие формы минеральных удобрений: карбамид с содержанием азота 46 %; суперфосфат аммонизированный – N – 8 и P₂O₅ – 33; калий хлористый – 55 K₂O и комплексное удобрение с содержанием азота, фосфора и калия соответственно 13:12:19 %.

Подопытный сорт капусты – «Мара».

Исследования на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве проводили в стационарном специализированном овощном севообороте со следующим чередованием культур: однолетние травы на корм, капуста белокочанная, свекла столовая, морковь столовая.

Почва севооборота – дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке, подстилаемом песком. Агрохимические показатели почвы: pH_{KCl} – 5,8; содержание подвижных форм P₂O₅ – 190 и K₂O – 240 мг/кг; гумуса – 2,75 %.

Закладка опыта осуществлялась по схеме 70×35 см. Площадь опытных делянок составляла 30 м². Повторность опытов четырехкратная.

Общий (хозяйственный) вынос и нормативный (удельный) вынос элементов питания определяли по методике Л. М. Державина [4].

Исследования по химическому составу продукции выполнены в аналитической лаборатории агрохимии и питания растений РУП «Институт овощеводства» по общепринятым методам: определение содержания общего азота – методом Къельдаля (ГОСТ 13496.4-93) фос-

фора – фотоэлектроколориметрическим методом (ГОСТ 26657-97), калия – методом пламенной фотометрии. Все аналитические определения выполнены в трехкратной повторности.

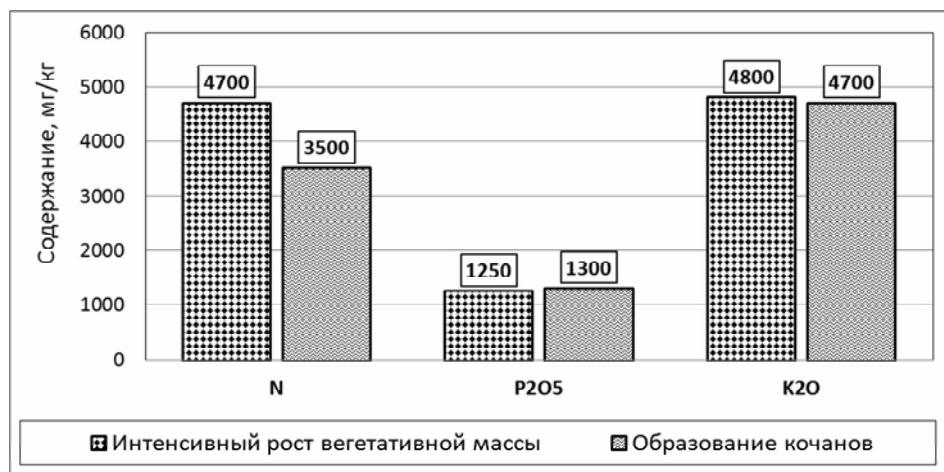
Наблюдения и учеты проведены согласно общепринятым методикам [4, 5, 9, 14].

В результате проведенных исследований установлены ориентировочные уровни оптимального содержания питательных элементов в листьях капусты белокочанной, которые изменялись по фазам роста и развития растений в зависимости от доз применяемых удобрений. В фазу интенсивного роста вегетативной массы капуста белокочанная лучше отзывалась на внесение азотных удобрений, так как потребление азота в этот период в среднем по вариантам опыта находилось на уровне 4600–4850 мг/кг, что выше на 1300–1400 мг/кг потребления данного элемента в фазу образования кочана. Наибольшее потребление азота растениями капусты белокочанной в фазу интенсивного роста вегетативной массы (4600 мг/кг сырой массы) и в фазу образования кочана (3300 мг/кг сырой массы) отмечено при внесении простых минеральных удобрений в дозе N₁₅₀P₉₀K₁₈₀ на делянках без применения органических удобрений. При использовании данной дозы минеральных удобрений на фоне внесения навоза 60 т/га отмечено, что содержание азота в листьях капусты белокочанной увеличилось на 250 мг/кг сырой массы, калия – на 100 мг/кг, а содержание фосфора осталось неизменным (табл. 1).

В результате изучения содержания фосфора и калия в листьях капусты при использовании комплексных минеральных удобрений на фоне навоза 60 т/га резких отличий по фазам роста и развития не выявлено по причине высокого содержания подвижных форм фосфора и обменного калия в почве (рисунок).

Таблица 1. Содержание питательных элементов в листьях капусты по периодам вегетации растений в зависимости от видов и доз удобрений, 2006–2008 гг.

Вариант	Интенсивный рост вегетативной массы			Образование кочанов		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	мг/кг сырой массы					
Без удобрений (контроль)	3850	850	3900	2650	880	3950
N ₁₅₀ P ₉₀ K ₁₈₀	4600	1300	4700	3300	1350	4750
N ₉₄ P ₉₀ K ₁₃₈	4150	1200	4200	2950	1250	4250
N ₁₀₆ P ₉₈ K ₁₅₅	4400	1250	4500	3100	1350	4500
N ₁₁₈ P ₁₀₉ K ₁₇₂	4550	1300	4600	3250	1400	4650
Навоз 60 т/га	4650	1250	4600	3250	1300	4600
Навоз 60 т/га + N ₁₅₀ P ₉₀ K ₁₈₀	4850	1300	4800	3450	1300	4800
Навоз 60 т/га + N ₉₄ P ₉₀ K ₁₃₈	4700	1150	4750	3200	1250	4700
Навоз 60 т/га + N ₁₀₆ P ₉₈ K ₁₅₅	4650	1200	4700	3150	1300	4750
Навоз 60 т/га + N ₁₁₈ P ₁₀₉ K ₁₇₂	4700	1250	4800	3500	1300	4700



Изменение содержания питательных элементов в листьях капусты белокочанной по периодам вегетации растений на фоне навоза 60 т/га + N₁₁₈P₁₀₉K₁₇₂

Детальные исследования, проведенные с растениями капусты белокочанной, выявили значительные изменения в содержании питательных элементов в листьях. Поэтому оценку обеспеченности питанием нужно проводить не только по содержанию отдельных элементов, но и по их соотношениям.

Соотношение элементов несет дополнительную информацию об особенностях питания растений. Определение соотношения элементов производится вычислением процентной доли каждого, например, сумма азота, фосфора и калия принимается за 100 %, и вычисляется доля каждого из слагаемых. За норму принимается соотношение этих элементов при их оптимальном содержании, которое для капусты должно составлять: N:P₂O₅:K₂O = 43:12:45 в период интенсивного роста вегетативной массы и 37:14:49 – в период образования кочана. Такой способ оценки минерального питания растений принято называть качеством питания.

По данным В. А. Борисова [3], лучшими соотношениями элементов питания на дерново-подзолистых окультуренных почвах для капусты белокочанной являются 48:11:41 и 40:13:47. Следует отметить, что колебания в соотношениях в период формирования урожая кочанов капусты доли азота от 37 до 43, фосфора от 12 до 14 и калия от 45 до 49 находятся в пределах нормы.

Известно, что общая потребность растений в питательных веществах может быть охарактеризована тем количеством питательных элементов, которое растения вынесли из почвы вместе с урожаем. Вынос элементов питания зависит от величины урожая, доз минеральных удобрений, а также агрометеорологических и почвенных условий периода вегетации растений.

Нами установлено, что наибольший хозяйственный вынос азота и калия отмечен у

растений капусты белокочанной при внесении доз минеральных удобрений на фоне навоза. Так, в варианте с внесением N₁₅₀P₉₀K₁₈₀ на фоне навоза 60 т/га хозяйственный вынос азота у капусты составил 313 кг/га, калия – 333 и фосфора 106 кг/га. При внесении только минеральных удобрений в указанной дозе хозяйственный вынос азота составил 298 кг/га, фосфора – 82 и калия – 306 кг/га.

Внесение только доз простых и комплексных минеральных удобрений без применения навоза не обеспечило получения положительного баланса в почве по азоту и калию. Отрицательный баланс азота составлял 104–148 кг/га, калия – 49–126 кг/га. Капуста белокочанная по своим биологическим особенностям при формировании урожая в 50–70 т/га выносит из почвы 166–298 кг/га азота и 179–306 кг/га калия. Внесение только минеральных удобрений в рекомендованных дозах не обеспечивает положительный баланс азота и калия. Установлено, что баланс фосфора был положительным по всем изучаемым дозам удобрений независимо как по фону навоза, так и без него. Объясняется это тем, что корневая система растений капусты белокочанной за вегетационный период сильно увеличивается в размере и способна хорошо использовать запасы почвенного фосфора. Внесение только навоза в количестве 60 т/га обеспечило положительный баланс по всем трем элементам питания: по азоту он составил + 90 кг/га, по фосфору – + 46 и по калию – + 142 кг/га.

Выявлено, что внесение на фоне навоза 60 т/га доз простых N₁₅₀P₉₀K₁₈₀ и комплексных N_{94–118}P_{87–109}K_{138–172} минеральных удобрений при выращивании капусты белокочанной обеспечило положительный баланс элементов питания: содержание азота в почве увеличилось на 126–164 кг/га, фосфора – на 104–130 и калия – на 207–270 кг/га (табл. 2).

Наибольший хозяйственный вынос азота (313 кг/га) отмечен при внесении дозы $N_{150}P_{90}K_{180}$ простых минеральных удобрений на фоне 60 т/га навоза. По этой же дозе удобрений выявлен и наибольший хозяйственный вынос калия (333 кг/га). Относительно фосфора наибольшие значения хозяйственного выноса (111 кг/га) отмечены при внесении дозы $N_{118}P_{109}K_{172}$ комплексных минеральных удобрений в сочетании с навозом 60 т/га.

Наиболее постоянной величиной по сравнению с хозяйственным выносом является вынос элементов минерального питания 10 т основной продукции. Удельный вынос элементов питания 10 т продукции в зависимости от максимальных

доз вносимых простых и комплексных удобрений на фоне навоза 60 т/га изменялся в следующих пределах: азота – от 29,8 до 34,3 кг, фосфора – от 11,6 до 11,8 и калия – от 31,0 до 36,5 кг. При выращивании культуры капусты белокочанной без применения навоза отмечено, что наибольший вынос элементов питания наблюдался при внесении высокой дозы минеральных удобрений $N_{150}P_{90}K_{180}$, который составил по азоту – 40,8 кг, по фосфору – 11,2 и по калию – 41,9 кг. Это объясняется тем, что при внесении навоза повышается емкость поглощения почвенного комплекса и микробиологическая активность почвы, что в целом обеспечивает сохранность почвенного плодородия (табл. 3).

Таблица 2. Вынос и баланс элементов питания при выращивании капусты белокочанной в зависимости от видов и доз удобрений, 2006–2008 гг.

Вариант	Внесение, кг/га			Хозяйственный вынос, кг/га			Баланс ±, кг/га		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений (контроль)	–	–	–	166	54	179	-166	-54	-179
$N_{150}P_{90}K_{180}$	150	90	180	298	82	306	-148	+8	-126
$N_{94}P_{87}K_{138}$	94	87	138	198	73	212	-104	+14	-74
$N_{106}P_{98}K_{155}$	106	98	155	225	84	236	-119	+14	-81
$N_{118}P_{109}K_{172}$	118	109	172	231	86	221	-113	+23	-49
Навоз 60 т/га - фон	300	120	360	210	74	218	+90	+46	+142
Фон + $N_{150}P_{90}K_{180}$	450	210	540	313	106	333	+137	+104	+207
Фон + $N_{94}P_{87}K_{138}$	394	207	498	230	94	228	+164	+113	+270
Фон + $N_{106}P_{98}K_{155}$	406	218	515	242	88	254	+164	+130	+261
Фон + $N_{118}P_{109}K_{172}$	418	229	532	281	111	292	+126	+118	+240

Таблица 3. Вынос основных элементов минерального питания 10 т продукции белокочанной капусты в зависимости от видов и доз удобрений, 2006–2008 гг.

Доза удобрений	Вынос, кг		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений (контроль)	27,2	8,8	29,3
$N_{150}P_{90}K_{180}$	40,8	11,2	41,9
$N_{94}P_{87}K_{138}$	26,4	9,7	28,2
$N_{106}P_{98}K_{155}$	28,8	10,7	30,2
$N_{118}P_{109}K_{172}$	27,8	10,3	26,6
Навоз 60т/га - фон	31,3	11,0	32,5
Фон + $N_{150}P_{90}K_{180}$	34,3	11,6	36,5
Фон + $N_{94}P_{87}K_{138}$	26,7	10,9	26,5
Фон + $N_{106}P_{98}K_{155}$	26,5	9,6	27,9
Фон + $N_{118}P_{109}K_{172}$	29,8	11,8	31,0

Заключение. В результате проведенных исследований определено, что при выращивании капусты белокочанной на минеральном фоне в фазу интенсивного роста вегетативной массы необходимо проводить подкормки азотными удобрениями, так как растения в данный период

потребляют наибольшее количество азота и меньше фосфора и калия.

При выращивании капусты белокочанной на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве наибольший положительный баланс основных элементов питания отмечен при внесении навоза

60 т/га в сочетании с комплексными минеральными удобрениями в дозах $N_{94}P_{87}K_{138}$, $N_{106}P_{98}K_{155}$ и $N_{118}P_{109}K_{172}$.

Применение навоза в сочетании с дозами комплексных минеральных удобрений обеспечивает оптимальный удельный вынос элементов питания из почвы.

Литература

1. Афанасьев, Н. И. Водные и физические свойства почв БССР // Почвы Белорусской ССР / Н. И. Афанасьев. Минск, 1974. С. 62–68.
2. Болотина, Н. И. Динамика азота и фосфора в условиях орошения на предкавказских черноземах Ростовской области / Н. И. Болотина // Тр. Почв. ин-та. М., 1960. Т. 55. С. 67–112.
3. Борисов, В. А. Удобрение овощных культур / В. А. Борисов. М., 1978.
4. Державин, Л. М. Методика определения выноса и коэффициентов использования питательных веществ урожаем из минеральных удобрений и почвы / Л. М. Державин, Р. Н. Попова. М., 1981.
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учебник для студ. высших с.-х. учеб. завед. по агроном. спец. / Б. А. Доспехов. М., 1985.
6. Журбицкий, З. И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений / З. И. Журбицкий. М., 1963.
7. Кулаковская, Т. Н. Рекомендации по применению удобрений / Т. Н. Кулаковская, Л. Т. Детковская, И. М. Богдевич. Минск, 1969.
8. Методики випробування і застосування пестицидів / Под ред. проф. С. О. Трибеля. Київ, 2001.
9. Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве / Под ред. В. Ф. Белика, Г. Л. Бондаренко. М., 1979.
10. Переднев, В. П. Удобрение и орошение овощных культур / В. П. Переднев, М. Ф. Степуро. Минск, 1981.
11. Переднев, В. П. Удобрение овощных культур / В. П. Переднев. Минск, 1987.
12. Степуро, М. Ф. Удобрение и орошение овощных культур / М. Ф. Степуро. Минск, 2008.
13. Столяров, А. И. Минеральное питание и применение удобрений под овощные культуры и картофель в условиях Краснодарского края : автореф. дис.... д-ра с.-х. наук / А. И. Столяров. Л., 1974.
14. Церлинг В. В. Агрохимические основы диагностики минерального питания сельскохозяйственных культур / В. В. Церлинг. М., 1978.
15. Церлинг, В. В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур. / В. В. Церлинг. Справ. М., 1990.

РУП «Институт овощеводства»

Поступила в редакцию 19.09.2012 г.

M. F. Степуро

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ПОТРЕБЛЕНИЯ И ВЫНОС ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ БЕЛОКОЧАННОЙ КАПУСТОЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Приведены результаты полевых опытов по изучению влияния разных видов и форм минеральных удобрений на фоне действия 60 т/га навоза на потребление элементов питания, их хозяйственный и удельный вынос продукцией капусты белокочанной. Определены размеры потребления азота, фосфора и калия на формирование 10 т кочанов капусты и установлены оптимальные дозы удобрений, обеспечивающие их положительный баланс в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

M. F. Stepuro

SEASONAL DYNAMICS OF CONSUMPTION AND THE REMOVAL OF MAJOR NUTRIENTS CABBAGE ON SODDY-PODZOLIC LOAMY SOIL

The data on the effect of simple and complex mineral fertilizers application on the background of 60 t/ha of manure in specialized vegetable crop rotation on the consumption of food items, household removal, NPK removal of the specific production of cabbage. The size of the consumption of nitrogen, phosphorus and potassium for the formation of 10 tons of cabbage heads and optimum dose of fertilizer that will provide them a positive balance in the soddy-podzolic clay loamy soil.

И. И. Лиштван, И. Л. Якимович

ТОРФЯНЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО РАЗРАБОТКАМ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ «ТОРФ» НА 2008–2010 ГОДЫ И НА ПЕРИОД ДО 2020 ГОДА»

Представлены основные итоги выполнения заданий Государственной программы «Торф» на 2008–2010 годы и на период до 2020 года. Исполнителями основных заданий являются организации Министерства энергетики, организации, подчиненные Министерству образования и Национальной академии наук Беларусь. Часть заданий Программы уже завершены, и на данном этапе идет активная реализация полученных результатов на производстве.

В недрах Республики Беларусь находятся значительные запасы твердых горючих ископаемых: торфа, бурых углей, горючих сланцев, сапропелей, освоение которых может оказать значительное влияние на топливно-энергетический потенциал страны и производство материалов промышленного, сельскохозяйственного, химического и природоохранного назначения.

Из всех твердых горючих ископаемых наиболее широкое применение в экономике республики получил торф, издавна используемый в Беларуси как топливо, органические и органо-минеральные удобрения, химико-технологическое сырье, продукты и материалы для охраны окружающей среды. Известна роль торфяных месторождений в охране биологического и ландшафтного разнообразия. Гидротехнически мелиорированные торфяные месторождения (около 1 млн га) коренным образом изменили экономику аграрного сектора страны. В недавнем прошлом машиностроение, в том числе и оборонное, широко использовало торфяной воск (по разработкам Института торфа производилось около 400 т в год) в точном литье по выплавляемым моделям и в производстве полиуретановых изделий для автомобильной промышленности. Многие работы института по торфу и сапропелем были освоены сельским хозяйством.

Торфяные месторождения занимают 14,2 % территории Беларуси с первоначальными запасами 5,4 млрд т. Ныне общая площадь торфяного фонда оценивается в 2,4 млн га с геологическими запасами 4,0 млрд т, в том числе 3,3 млрд т пригодны для топливно-энергетических целей.

Широкая распространность торфа в Беларуси и высокая ценность его органической части обусловливают необходимость комплексного подхода к использованию торфа и в особенностях тех его видов, которые обеспечивают получение широкого набора разнообразных продуктов и материалов, не имеющих аналогов при переработке других видов природных ресурсов. Наряду с использованием торфа на топливо, а мелиорированных торфяных почв – в качестве

сельскохозяйственных угодий, в последние годы вскрыты его новые возможности как органического материала. Показана высокая эффективность переработки торфа для получения органических и органо-минеральных удобрений, удобрительных смесей и мелиорантов, биостимуляторов и ростовых веществ, бактериальных препаратов, широкого ассортимента продукции для тепличных и садово-огородных хозяйств, поглотителей вредных веществ, в том числе радионуклидов, из газовых и водных сред, красителей древесины, химических волокон, тканей, кож, специальных антикоррозионных присадок, теплоизоляционных материалов и гидрофобизаторов для них, лекарственных средств и др.

Государственная программа «Торф» на 2008–2010 годы и на период до 2020 года, утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 29.01.2008 г. № 94 дала новый толчок торфяной отрасли. В 2009 г. Программа доработана и утверждена Советом Министров Республики Беларусь (постановление от 27.03.2010 г. № 444).

Предусматриваемые настоящей Программой техническое переоснащение и модернизация торфобрикетных заводов организаций Минэнерго позволят увеличить объем производства топливных брикетов к 2020 г. до 1 млн 355 тыс. т в год. Прогнозируется увеличение производства кускового торфа до 65 тыс. т в 2015 г. за счет внедрения высокопроизводительного комплекса оборудования. При соответствующем потреблении возможно увеличение производства кускового торфа в 2020 г. до 123 тыс. т в год.

Программой предусмотрено увеличение добычи топливного торфа в объеме 1,4 млн т.у.т. в 2015 г. и до 1,5 млн т у.т. – в 2020 г. для использования на действующих энергоисточниках, а также на энергоисточниках, определенных к вводу в эксплуатацию на период до 2015 г.

Для обеспечения производства торфяной продукции в прогнозируемых объемах и поставки торфяного топлива для использования на энергоисточниках республики предусматривается

увеличить добычу торфа с обеспечением общего объема в 5,1 млн т в 2020 г. (1,5 млн т у.т.).

Научное обеспечение Программы осуществляется по следующим направлениям: торфяные ресурсы и их рациональное использование; торф в решении топливно-энергетических проблем; торф в решении проблем сельского хозяйства и оценка воздействия разработки торфяных месторождений на окружающую среду. По этим направлениям Государственной программой «Торф» было предусмотрено 36 проектов, часть из них уже выполнены. Завершены работы по семи заданиям раздела «Торф в решении проблем сельского хозяйства», заказчиком которых выступало Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.

С учетом динамики свойств торфяных почв, трансформации почвенного покрова с их преобладанием уровня сельскохозяйственного производства и его экономического состояния в РУП «Институт мелиорации» под руководством доктора сельскохозяйственных наук А. С. Мировского разработана система адаптированного использования торфяных почвенных комплексов Полесья. Ее реализация обеспечивает устойчивую продуктивность не ниже 6–8 т/га кормовых единиц, сохранение ежегодно 4–5 т/га органического вещества от минерализации и эрозии, экономию 15–20 % минеральных удобрений и соответствующее повышение их эффективности.

Разработки и предложения по совершенствованию системы земледелия на торфяных почвах уже реализованы в 42 хозяйствах с удельным весом торфяных почв в составе сельскохозяйственных земель более 50 % (при подготовке и освоении проектов оптимизации землеустройства); в хозяйствах 17 районов Брестской, Гомельской и Минской областей на площади 90,7 тыс. га – при планировании сельскохозяйственного производства.

В дальнейшем результаты исследований позволят создать в регионе, прежде всего в районах Припятского Полесья, зону устойчивого земледелия на 1,2–1,4 млн га с производством 9,5–10,0 млн т кормовых единиц продукции растениеводства и на этой основе – получения экспортноориентированных продуктов животноводства (не менее 4,0–4,2 млн т молока и 0,7–0,8 млн т мяса).

Сокращение расхода органического вещества торфяных почв на 1,5–2,0 млн т создает предпосылки использования углеродных рынков Мирового сообщества для привлечения средств на обеспечение долгосрочного устойчивого функционирования данных территорий.

В Институте природопользования НАН Беларусь (руководитель задания доктор технических наук Г. П. Бровка) разработаны две прикладные компьютерные программы для моделирования температурно-влажностного режима на

мелиорированных торфяных почвах в весенне-летний и зимний периоды, учитывающие метеорологические условия и гидрофизические характеристики почв, позволяющие путем компьютерного моделирования оценивать степень рисков для сельскохозяйственных культур от последствий заморозков и циклических процессов промерзания – оттаивания почв.

Обобщив данные всех проведенных опытов с озимыми культурами в морозильной камере, а также результаты компьютерного моделирования, для дальнейших полевых испытаний рекомендовано два способа модификации торфяных почв. Это внесение в почву во время предпосевной обработки продуктов щелочного гидролиза бурого угля водным аммиаком с последующей обработкой полученного реагента хлористым калием и добавками карбоксиметилцеллюлозы. С учетом того, что в настоящее время в Беларусь еще не освоена добыча бурого угля, вместо него можно использовать торф высокой степени разложения в количестве, эквивалентном буруму углю по содержанию гумифицированных компонентов.

Разработаны проект технических условий на составы, повышающие морозостойкость озимых культур и минимизирующие повреждения яровых культур от заморозков (СПМГ), технологический регламент их получения, технологическая схема внесения, и подготовлена заявка на выдачу патента на способ получения разработанных составов.

На основании анализа обеспеченности административных районов извлекаемыми ресурсами торфа и современного состояния сапропелевого фонда в Институте природопользования НАН Беларусь под руководством доктора технических наук Б. В. Курзо выполнена инвентаризация и оценены перспективы вовлечения в хозяйственную сферу новых и восстановления ранее действовавших объектов по добыче сапропелевого сырья в районах с незначительными ресурсами торфа в Гомельской и Витебской областях, благосервисы которых планируют увеличение добычи сапропеля на период до 2020 г. Изучены горно-геологические параметры сапропелевых месторождений, на основании чего предложены критерии выбора и рекомендуемые технологии разработки залежей сапропеля в разведанных в течение 1975–2010 гг. месторождениях. Составлены перечни перспективных для освоения объектов сапропелевого сырья в административных районах Гомельской и Витебской областей с низкой обеспеченностью торфом.

Выполнена детальная разведка и утверждены в РКЗ запасы сапропеля на первоочередных участках в озерах Прибыловичи Лельчицкого района Гомельской области и Буевское Лиозненского района Витебской области.

На озере Прибыловичи ОАО «Лельчицкий агросервис» спроектирован, построен, оснащен техническими средствами и передан в промышленную разработку объект по добыче сапропеля. На введенном месторождении сапропеля в 2010–2011 гг. заготовлено и использовано в качестве органоминеральных удобрений около 15 тыс. т данного сырья, что позволило удобрить около 600 га пашни. С учетом дополнительных транспортных расходов на внесение удобрений экономия финансовых средств, исходя из уровня текущих оптовых цен на минеральные удобрения, составила 300 тыс. руб. на 1 га или 180,0 млн руб. на весь объем удобрений.

Произведено также 50 т кормового сапропеля, использованного при скармливании опытным пастиям коров и молодняка КРС при постановке научно-хозяйственных опытов в РУП НПЦ НАН Беларуси по животноводству» и на откорме в подсобном хозяйстве ОАО «Лельчицкий агросервис». Прибыль за дополнительную продукцию составила около 11,2 млн руб., в том числе по приросту мяса при откорме молодняка 4,0 млн руб., за дополнительные надои молока – 7,2 млн руб. Экономический эффект от замены зерновых компонентов в использованных кормах составил 10,5 млн руб.

Проектируется линия по выпуску СКД производительностью 30 тыс. т в год. Выход на проектную мощность производства СКД планируется в 2013 г. Ожидается годовой эффект от сокращения импорта ожидается на сумму 620 тыс. долл. США. Эффект от частичной замены кормового зерна составит около 2,1 млн долл. США. Линия по выпуску СКД в ОАО «Лельчицкий агросервис» позволит нарастить производство продукции до 100 тыс. т в год, с ожидаемым эффектом от замены импортных кормовых добавок на сумму около 2 млн долл. в год. Заключены договора и начаты поставки сапропелевых удобрений в Польшу и Украину на общую сумму 100 тыс. долл.

На месторождении сапропеля озера Прибыловичи объем производства сапропелевых удобрений для нужд местных сельскохозяйственных подразделений к 2013 г. планируется увеличить до 50 тыс. т в год, кормовых сапропелей для обеспечения комбикормовых заводов и кормоцехов животноводческих ферм гомельского региона – до 30 тыс. т. Проводятся экспериментальные работы по использованию сапропеля в буром деле при детальной разведке Лельчицкого месторождения бурых углей и применению лечебной грязи в лечебно-оздоровительных учреждениях Гомельской области (санаторий-профилакторий Мозырского НПЗ и санаторий «Ченки»).

В настоящее время ОАО «Лиозненский райагросервис» проводятся работы по проектированию и оснащению объекта добычи сапропеля на озере Буевское.

В Институте природопользования (руководитель задания – кандидат сельскохозяйственных наук Г. А. Соколов) разработана технология и организовано производство на ОАО «Зеленоборское» высокоэффективных жидких комплексных микроудобрений на основе гуматов торфа для некорневой обработки растений, инкрустации семян и добавки к минеральным удобрениям. Проведение некорневых подкормок растений новыми жидкими комплексными микроудобрениями на основе гуматов торфа во время вегетации растений озимой пшеницы, ячменя и сахарной свеклы обеспечило получение достоверных прибавок урожайности изучаемых культур в сравнении с базовой технологией.

Так, предпосевная обработка семян различными марками микроудобрений «ЭлеГум» при возделывании озимой пшеницы, обеспечила достоверное повышение урожайности зерна при урожайности в фоновом варианте 74,3 ц/га: от микроудобрения «ЭлеГум–Медь+Марганец» ($\text{ГП}_{10}\text{Cu}_{33}+\text{Mn}_{33}$) в дозе 3,0 л/т – 4,8 ц/га и от «ЭлеГум–Медь+Цинк» ($\text{Гумин}_{10}\text{ Cu}_{25}+\text{Zn}_{25}$) в дозе 4,0 л/т – 4,1 ц/га.

Наибольшие прибавки урожайности зерна от некорневой подкормки озимой пшеницы были получены от внесения микроудобрений состава $\text{Cu}_{25} + \text{Mn}_{25}$ (5,8 – 6,4 ц/га), и $\text{Cu}_{50} + \text{B}_{50}$ (5,5 ц/га).

Предпосевная обработка семян ячменя новыми микроудобрениями в сравнении с обработкой только одним проправителем (фоновый вариант) обеспечила повышение урожайности зерна на 3,1–4,7 ц/га. Наибольшая прибавка зерна (4,7 ц/га) получена при применении микроудобрения «ЭлеГум» $\text{Cu}_{25} + \text{Mn}_{25}$ в дозе 4,0 л/т.

Некорневые подкормки ячменя различными марками новых микроудобрений обеспечили прибавки урожайности зерна от 3,5 до 6,5 ц/га при урожайности зерна в фоновом варианте 50,7 ц/га.

Разработаны, согласованы и утверждены на заседании НТС Министерства сельского хозяйства и продовольствия рекомендации по рациональному использованию новых удобрений.

Реализация проекта способствует созданию импортозамещающей ресурсосберегающей технологии приготовления высокоэффективной конкурентоспособной продукции с широкой областью применения для предпосевной обработки семян и подкормок всех групп сельскохозяйственных культур.

В рамках Программы в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» (руководитель задания Т. М. Серая) разработаны ресурсосберегающая технология компостирования полужидкого навоза с торфом и другими компонентами и рекомендации по применению новых видов компостов при возделывании сельскохозяйственных культур.

Использование в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь технологии

получения компостов на основе полужидкого навоза, торфа, соломы, гидролизного лигнина, дефеката и жома позволит решить экологические проблемы, связанные с утилизацией отходов производства, и при меньших объемах торфа увеличить выход качественных органических удобрений, что в свою очередь будет способствовать сохранению плодородия дерново-подзолистых почв и повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Согласно разработанным рекомендациям по использованию новых видов компостов при возделывании сельскохозяйственных культур, применение торфо-жомо-дефекато-соломо-навозных и торфо-лигнино-соломо-навозных компостов под кукурузу (60 т/га) в звене севооборота кукуруза – яровой рапс увеличивает суммарную продуктивность этих культур на 35 ц к.ед./га при окупаемости 1 т компста 58 к.ед. Внесение компостов под озимые зерновые культуры в дозе 30 т/га способствует увеличению урожайности на 8,5 ц/га при окупаемости 1 т компста 28 кг зерна.

Технология производства комплексного препарата «Гулливер», разработанная в БГУ под руководством доктора биологических наук Н. П. Максимовой, на основе продуктов переработки торфа и ризосферных бактерий для защиты растений от болезней и стимуляции их роста, внедрена на БРУП Гидролизный завод (г. Бобруйск). Препарат обладает росторегулирующей и фунгистатической активностью, обеспечивая при этом сохранение до 30 % и более урожая (прибавка урожая до 8,2 т/га).

У препарата «Гулливер» не существует полных аналогов отечественного или импортного производства. Наиболее близкими являются отечественный препарат «Ризобактерин» и российский «Бинорам». Необходимо отметить, что к недостаткам «Ризобактерина» относится отсутствие бактерицидного и антифунгального действий. Кроме того, данный препарат разрешен для применения лишь на узком спектре зерновых культур и имеет небольшой срок хранения. Российский «Бинорам» в 10 раз дороже отечественной разработки, кроме того, данное средство не применяют на томатах и огурцах защищенного грунта.

Разработанный препарат планируется использовать на культурах закрытого грунта (томаты и огурцы, посевые площади которых в республике составляют 98,4 тыс. га и 93,4 тыс. га соответственно) и открытого грунта (капуста и картофель – посевые площади 2,2 тыс. га и 45,7 тыс. га соответственно). Предполагаемая цена на препарат – 40 тыс. руб.

Препарат прошел государственную регистрацию для включения в «Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и

удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь».

В РУП «Институт мелиорации» (руководитель задания кандидат сельскохозяйственных наук Л. Н. Лученок) проводились исследования по оценке агрохимических параметров торfovивианита (торф, содержащий от 2,51 до 15 % фосфорного ангидрида (P_2O_5)), которые показали что, стоимость добычи торfovивианита как сопутствующего сырья при разработке месторождений торфа для различных целей составляет 80–600 у.е./т действующего вещества фосфора (в зависимости от концентрации фосфора и расстояния, на которое необходимо вывозить торfovивианит). Это открывает возможность использования торfovивианита в качестве фосфорных удобрений, а экономия на закупке импортируемых минеральных фосфорных удобрений может составить, даже при самых пессимистических прогнозах (связанных с повышением стоимости топлива и т. д.), более 226,5 млн долл. США.

В рамках исследований разработана технология применения торfovивианита в качестве дополнительного резерва минеральных фосфорных удобрений, а также микроэлементов (до 50 % от потребности растений в микроэлементах) при возделывании зерновых культур. Затраты при производстве зерновых сокращаются на 1,5–2 \$ на 1 ц зерна, что при урожайности около 45 ц/га может составить 60–90 \$/га в зависимости от возделываемой культуры. Технология применения торfovивианита может быть внедрена на 300–350 тыс. га площадей Гомельской, Могилевской и Минской областей, а ее применение сократит затраты на возделывание на них зерновых культур более, чем на 24 млн долл. США.

Технология также может получить широкое распространение в случае организации дополнительного обследования на содержание фосфора перспективных месторождений торфа в Гомельской, Могилевской и Минской областях для разработки на топливо, химической промышленности и сельхозпроизводства. Данные мероприятия необходимы для организации добычи торfovивианита как сопутствующего сырья при добыве торфа. Стоимость добычи при этом будет ниже, чем при организации разработок только торfovивианита. Кроме того, необходимо провести доразведку территорий под выработанными торфоразработками, расположенными в Гомельской, Могилевской и Минской областях на содержание в оставшихся слоях торфа торfovивианита, сопутствующего ему бераунита (содержание валового фосфора до 10 %), также эффективного при использовании в сельхозпроизводстве, и сапропеля с целью выработки остаточных количеств торфа до подстилающей породы и организации на этих территориях озер.

В Институте природопользования НАН Беларуси разрабатываются и осваиваются технологии комплексного использования торфяных месторождений, подстилаемых сапропелем, для увеличения эффективности сельского хозяйства и организации производства из торфа и сапропеля топливных гранул и гуминовых препаратов многоцелевого назначения.

Выполняемые работы позволяют эффективно применять сырьевые ресурсы выбывших из эксплуатации торфяных месторождений со значительными запасами торфа и сапропеля, которые имеются во всех регионах республики, а также подготовить сырьевую, нормативную и техническую базы и начать промышленный выпуск новых, потенциально востребованных видов продукции: торфяных топливных гранул со связующим из сапропеля, имеющих повышенный спрос на зарубежных рынках и эффективных регуляторов роста растений с высоким выходом гуминовых веществ торфа и подвижных макро- и микроэлементов сапропеля. Предлагаемая к разработке и выпуску продукция относится к разряду инновационных, так как является новой для республики, обладает улучшенными качествами, создается с применением современных компонентов и технологических решений.

По завершении научной части проекта выпуск продукции будет выглядеть следующим образом: торфяные топливные гранулы с сапропелевым связующим – 5 тыс. т в год при работе линии в одну смену; жидкий гуминовый препарат из торфосапропелевого сырья – 1 тыс. т. Основными потребителями продукции из торфа и сапропеля являются сельхозпредприятия региона. Значительная часть топливной продукции будет поставляться на экспорт.

Наряду с Министерством сельского хозяйства заказчиком Государственной программы «Торф» является и Министерство энергетики.

Выполнение заданий по научному обеспечению ГП «Торф» в 2011 г. осуществлялось организациями Минэнерго в соответствии с мероприятиями Министерства энергетики Республики Беларусь по реализации Программы.

Проводились исследования торфяных ресурсов Республики Беларусь по определению перспективных торфяных месторождений для добычи торфа в энергетических целях, в том числе с возможностью организации производства топливных брикетов на основе торфа. Создана методика определения пригодности торфяных месторождений для промышленной разработки в

энергетических целях, заключающаяся в анализе торфяного фонда исследуемых областей по величине промышленных запасов и основных характеристик торфа: степени разложения, зольности и пнистости.

БЕЛНИИТОППРОЕКТ РУП велись работы по изготовлению опытного образца железнодорожного путекладчика поезда колеи 750 мм; модернизации привода торфобрикетных прессов Б8232Б9032 с применением гидромуфты; оснащению машин торфяной отрасли специальными шинами.

Выполнялись задания в соответствии с планом НИОК(Т)Р по Минэнерго по созданию нового оборудования для добычи и переработке торфа и по совершенствованию нормативно-технической базы. В частности, по разработке норм расхода ГСМ на эксплуатацию тракторов, торфяных машин и оборудования; конструкторской документации комплекса по добыче кускового торфа и изготовления опытных образцов оборудования; нормативно-технической документации по повышению эффективности торфяной промышленности, качества выпускаемой продукции; вертикальной роторной дробилки для торфобрикетного производства; отраслевой инструкции по расчету целевого показателя по энергосбережению в сопоставимых условиях по ГПО «Белтопгаз» и организациям, входящим в состав объединения; конструкции оборудования для производства кускового торфа с целью организации его серийного производства; системы золоудаления теплогенератора с взвешенным слоем; совершенствованию конструкции оборудования для производства кускового торфа на базе машин МТК-1,3 и БФШИ.МУ.00.000 и др.

Следует отметить также, что часть заданий ГП «Торф» выполнялись в рамках действующих в республике государственных научно-технических программ.

Таким образом, выполненные и выполняемые сейчас по Программе научно-исследовательские и прикладные разработки являются значимыми для обеспечения комплексного использования торфа, сапропеля, торфяных и сапропелевых месторождений в решении проблем энергетики и сельского хозяйства. Сегодня актуальной для Программы является реализация задач, поставленных на конференции «Rio+20» в Рио-де-Жанейро. Это, прежде всего, переход к «зеленому земледелию», которое обеспечит в нашей стране производство экологически чистой сельскохозяйственной продукции.

И. И. Лиштван, И. Л. Якимович

ТОРФЯНЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО РАЗРАБОТКАМ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ «ТОРФ» НА 2008–2010 ГОДЫ И НА ПЕРИОД ДО 2020 ГОДА»

ГП «Торф» утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 23 января 2008 г. № 94. Доработанный вариант Программы утвержден Постановлением Совета Министров от 27 марта 2010 г. № 444.

Государственные заказчики: Министерство энергетики Республики Беларусь и Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.

Цель Программы: увеличение объемов добычи и использования торфа в энергетике и сельском хозяйстве, создание новых и совершенствование существующих экологобезопасных ресурсосберегающих технологий разработки торфяных месторождений, добычи, переработки и использования торфа.

Выполняется по следующим научным направлениям: торфяные ресурсы и их рациональное использование; торф в решении топливно-энергетических проблем; торф в решении проблем сельского хозяйства; оценка воздействия разработки торфяных месторождений на окружающую среду.

В статье представлены основные итоги выполнения заданий программы за 2009–2011 гг.

I. I. Lishtvan, I. L. Yakimovich

PEAT RESOURCES AND THEIR USE BY WORKINGS OF THE STATE PROGRAMS «PEAT» FOR 2008-2010 AND FOR THE PERIOD TILL 2020»

SP «Peat» was confirmed by the Decision of Council of Ministers of Belarus on January, 23 rd, 2008 № 94. The final version of the Program was confirmed by the Decision of Council of Ministers on March, 27th, 2010 № 444.

The state customers: the Department of Energy of Belarus Republic and the Ministry of Agriculture and Foodstuff of Belarus.

The Program purpose: increase in volumes of peat extraction and use in power and agriculture, creation of new and updating of the existing ecology-friendly resource-saving technologies of working out of peat deposits, peat extraction, processing and use.

It is carried out in following scientific directions: peat resources and their rational use; decision-making of peat use as fuel and energy problems; decision-making of peat use problems in agriculture; an estimation of impact of working out of peat deposits on the environment.

In article, the basic results of the program tasks performance for 2009–2011 are presented.

К 80-летию академика И. И. Лиштвана

Иван Иванович Лиштван

*академик,
доктор технических наук,
профессор, Заслуженный деятель
науки и техники Республики Беларусь,
Лауреат Государственной премии,
главный научный сотрудник
Института природопользования
НАН Беларуси*

С юбилеем Вас!



3 ноября 2012 г. исполняется 80 лет Ивану Ивановичу Лиштвану.

И. И. Лиштван в 1956 г. окончил с отличием торфяной факультет Белорусского политехнического института (ныне Белорусский национальный технический университет). В 1958 г. он поступил в целевую аспирантуру при кафедре физики Московского торфяного института, где его научным руководителем был известный физик-реолог профессор М. П. Воларович. Параллельно с обучением в аспирантуре прошел курс коллоидной химии при кафедре коллоидной химии МГУ им. М. В. Ломоносова под руководством академика П. А. Ребиндера и окончил специальные курсы по радиохимии при химфаке МГУ на право работы с радиоактивными веществами. В 1961 г. И. И. Лиштван защитил кандидатскую диссертацию на тему «Физико-химические основы управления структурно-реологическими свойствами торфа и гуминовых веществ». В 1958 г. Московский торфяной институт был переведен в Тверь (Калинин), где на его базе был организован Калининский торфяной институт, впоследствии преобразованный в политехнический (ныне Тверской государственный технический университет). Здесь И. И. Лиштван под руководством профессоров М. П. Воларовича и Н. В. Чураева совместно с известным ученым-теплофизиком И. И. Гамаюновым участвовал в создании лаборатории по изучению физико-химических свойств торфа, руководил лабораторией радиоактивных методов исследования дисперсных систем, а позже – проблемной лабораторией по комплексному использованию торфа в народном хозяйстве численностью более 100 человек.

В 1969 г. И. И. Лиштван защитил докторскую диссертацию на тему «Исследование физико-химической природы торфа и процессов структурообразования в природных системах с целью регулирования их свойств». В этом же

году он организовал кафедру физики и химии торфа, став ее заведующим. В 1971 г. ему присвоено звание профессора.

В 1973 г. ученый был приглашен в Национальную академию наук Беларуси в качестве директора Института торфа, что положило начало новому и наиболее яркому этапу его научной и организаторской деятельности. Здесь он организовал лабораторию физико-химической механики природных дисперсных систем, бессменным руководителем научных исследований которой является и по сей день. В 1990 г. институт по инициативе И. И. Лиштвана был преобразован в Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси, директором которого ученый работал по 1997 г. С ноября 1997 г. он – Почетный директор этого института.

В 1974 г. И. И. Лиштван был избран членом-корреспондентом, а в 1980 г. – академиком НАН Беларуси. С 1988 по 1992 гг. работал вице-президентом НАН Беларуси, а с 1992 по 2002 г. – академиком-секретарем Отделения химических наук и наук о Земле НАН Беларуси.

И. И. Лиштван широко известен как ученый, внесший существенный вклад в развитие реологии, коллоидной химии, физико-химической механики природных дисперсных систем, решений проблем экологии, охраны окружающей среды и природопользования. Под его руководством и при непосредственном участии выполнены крупные работы по физико-химии торфа и его гуминовых веществ, битумов и биологически активных соединений. Известны исследования ученого в области теории и практики ионного обмена, гидрофильности, тепломассопереноса. И. И. Лиштван впервые сформулировал представления о структуре торфа как сложной многокомпонентной полуколлоидно-высокомолекулярной системе с признаками полиэлектролитов и микромозаичной гетерогенности, разработал классификацию

торфа по содержанию катионов и оценил их роль в формировании структуры торфа и качества торфяной продукции. Им описаны основные типы коагуляционных структур торфа при разном содержании катионов, природа различных категорий влаги в торфе, установлены соотношения капиллярного, пленочного и парового потоков влаги в общем ее переносе при сушке торфа и торфяной продукции. Впервые теоретически обоснована и экспериментально подтверждена коллоидно-химическая технология фракционирования гуминовых кислот торфа, позволившая получить стандартизованные фракции гуминовых кислот, т.е. фракции, обладающие заданными физико-химическими свойствами, миграционной подвижностью и сорбционной активностью, развернуты исследования надмолекулярной структуры гуминовых кислот каустобиолитов, а также их систем полисопряжения как центров сорбции поливалентных металлов. Обоснованы физико-химические способы получения экологосовместимых гуминовых сорбентов ионов тяжелых металлов для очистки промышленных стоков, создания на их базе геохимических барьера-протекторов загрязнения сопряженных территорий.

С первых дней катастрофы на Чернобыльской АЭС под непосредственным руководством И. И. Лиштвана ведутся исследования миграции и трансформации радионуклидов в торфяных залежах, осущенных торфяных почвах, донных отложениях озер и пойм рек. Они послужили основой для составления долгосрочных прогнозов миграции радионуклидов и разработки физико-химических методов реабилитации почв, очистки промышленного оборудования от радиоактивных загрязнений.

В связи с обострением ситуации с энергоресурсами И. И. Лиштван активно включился в решение проблемы поиска для республики новых энергоносителей на базе местного сырья, разрабатывая и адаптируя к особенностям ресурсов республики технологии термохимической переработки Белорусских горючих сланцев и бурых углей.

По результатам исследований И. И. Лиштваном лично и в соавторстве опубликовано более 1220 научных работ, в том числе 46 монографий и учебных пособий, брошюр, получено 95 авторских свидетельств и патентов.

И. И. Лиштван подготовил 7 докторов и 45 кандидатов наук. Его ученики работают в Беларуси, России, Азербайджане, Туркмении.

В последние годы академик – активный участник разработки общей стратегии устойчивого развития и энергетической безопасности Республики Беларусь, научный руководитель приоритетных программ «Экологическая безопасность», «Природные ресурсы и окружающая среда», научного раздела Государственной про-

граммы «Торф»; работает над проблемой освоения месторождений и переработки бурых углей и горючих сланцев Республики Беларусь, является руководителем ряда проектов Государственной программы «Малотоннажная химия», в рамках которой создано промышленное производство новых материалов на основе гуминовых веществ торфа, сапропелей, лигнина, используемых в сельском хозяйстве, для охраны окружающей среды и медицинских целей.

Научные достижения И. И. Лиштвана широко признаны научной общественностью как в Беларуси, так и далеко за ее пределами. Он – иностранный член Польской академии наук, Горной академии наук России, почетный член Международного торфяного общества. В 1982 г. награжден орденом Дружбы народов, в 1988 г. Орденом Франциска Скорины. В 2009 г. медалью «За трудовые заслуги». Награждался Почетными Грамотами Национального собрания Республики Беларусь (2002 г.), Совета Министров Республики Беларусь (2002 г.), Парламентского Собрания Союза Беларуси и России (2002 г.). За цикл работ по диагностике состояния природной среды на основе аэрокосмических, лидарных, наземных и химико-аналитических методов и средств ему присуждена Государственная премия Республики Беларусь в области науки и техники за 2002 г. Удостоен премии трех президентов академий наук Украины, Молдавии, Беларуси.

И. И. Лиштван занимается большой научно-организационной деятельностью. Он являлся сопредседателем Комиссии Парламентского собрания Союза Беларуси и России по вопросам экологии, природопользования и ликвидации последствий аварий, работает председателем и членом советов по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук при Институте природопользования НАН Беларуси, Институте общей и неорганической химии НАН Беларуси, Тверском Государственном техническом университете, был членом бюро научного совета РАН по коллоидной химии, физико-химической механике и химии твердого топлива, главным редактором журнала «Природные ресурсы». Является членом редколлегий журналов «Известия НАН Беларуси, серия химических наук», «Коллоидный журнал», «Химия твердого топлива», «Химия в интересах устойчивого развития», «Промышленная безопасность», «Торф и бизнес», «Химия и технология воды», «Энергетическая стратегия», «Энергоэффективность».

Иван Иванович Лиштван полон творческих и физических сил, энергичен и целеустремлен. Поздравляя с юбилеем, желаем ему оставаться таким на протяжении долгих лет, а также здоровья, благополучия в личной жизни и новых творческих успехов на благо химии каустобиолитов.

Юбилей профессора Г. В. Наумовой

Галина Васильевна Наумова

*доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник
Института природопользования
НАН Беларусь*

С юбилеем Вас!



Наумова Галина Васильевна более 50-ти лет посвятила торфяной науке, став известным специалистом в области химической технологии твердых горючих ископаемых. Так сложилась ее творческая судьба, что свой юбилей она отмечает одновременно с юбилеем Института торфа АН БССР (ныне Институт природопользования НАН Беларусь), ровесником которого она является. О событиях, связанных с его многогранной деятельностью, с его успехами и достижениями она может рассказать с гордостью и не понаслышке, ибо научно-исследовательская работа в стенах этого института стала главным делом ее жизни.

Наумова Галина Васильевна родилась 20 ноября 1932 г. в Москве, в семье студента, который после окончания учебы (1935 г.) был направлен на работу в Беларусь, где прошла вся его трудовая деятельность, связанная со спиртовой отраслью промышленности.

Довоенное детство Галины Васильевны не было радужным, так как в начале 1937 г. отец был репрессирован, а мать вместе с детьми бедствовала без жилья и работы. В 1939 г. он был реабилитирован, а в 1941 г. ушел на фронт.

В первые дни войны они стали беженцами, товарными поездами под бомбежками добираясь в тыл (Горьковская область), где Галина училась в сельской школе, а летом в возрасте 10–12 лет трудилась в колхозе на полевых работах вместе с мамой.

В 1945 г. вернулся с войны ее отец – участник обороны Сталинграда, освобождения Польши и Пруссии, о чем свидетельствуют его фронтовые награды.

Семья родителей возвращается в Белоруссию, где Галина в 1950 г. в числе лучших учеников оканчивает среднюю школу в г. п. Ивацевичи и в этом же году поступает в Белорусский политехнический институт (г. Минск) на химико-технологический факультет, желая, как и ее отец, стать специалистом в области спиртового производства.

В 1955 г., закончив обучение, она получает диплом инженера-технолога бродильных производств. Однако стать потомственным «спиртовиком» ей не пришлось.

В 1957 г. она поступает на работу на Опытную станцию Института торфа АН БССР, где начала функционировать первая опытная химическая установка по производству торфяного воска, и нужны были специалисты химического профиля. Так решилась ее дальнейшая судьба, приведшая в науку о торфе. На опытной установке отрабатывались основные оптимальные режимы воскового производства, что легло в основу исходных данных для проектирования и создания будущего завода горного воска.

Для Галины Васильевны указанные работы явились, как она считает, хорошей школой по освоению новых технологий в опытном масштабе с выходом на создание более крупного производства, что не раз в дальнейшем ей пришлось осуществлять вместе с сотрудниками в качестве руководителя новых разработок.

В 1958 г. она возглавила лабораторию Торфяной опытной станции, где под ее руководством проводился весь комплекс технических анализов торфа.

Галина Васильевна одновременно принимала участие в научно-исследовательских работах Института торфа АН БССР по изучению изменения битумов торфа при саморазогревании. В результате исследований показано, что саморазогревание торфа приводит к существенным потерям битуминозной части, что связано с окислением его смолистых веществ.

Увлеченность Галины Васильевны научно-исследовательской работой, умение четко наладить дела в лаборатории опытной станции не остались без внимания руководства института. Ей было предложено поступление в аспирантуру.

Сдав с оценкой «отлично» все кандидатские минимумы, в 1962 г поступает в очную аспирантуру Института торфа АН БССР по специальности «Химическая технология топлива и газа», представив досрочно в 1965 г диссертационную работу «Изменение химического состава сфагновых торфов и мхов при саморазогревании».

После окончания аспирантуры и успешной защиты диссертации (в начале 1967 г.) Г. В. Наумова работает на должности младшего научного сотрудника, а затем – старшего научного сотрудника в лаборатории саморазогревания торфа. Ее исследованиями выявлена важная роль ферментов торфа на начальной стадии его саморазогревания. Показано, что энзимами богата торфяная залежь первых лет добычи торфа. Установлено затухание ферментативной активности в глубине залежи, а в погребенных торфах жизнедеятельность ферментов вовсе не обнаружена. Результаты этих работ опубликованы в монографии «Превращение торфа и его компонентов в процессе саморазогревания при хранении» (1972 г.), где предложено рассматривать ферментативную активность торфа как диагностический показатель его склонности к саморазогреванию при хранении.

В 1972 г. в должности старшего научного сотрудника Галина Васильевна переведена в лабораторию физико-химии торфа, где под ее руководством создается научно-исследовательская группа для разработки импортозамещающих антиадгезионных (разделительных) составов на основе восковых композиций для формования изделий из пенополиуретана, используемых в автомобилестроении, в частности, в производстве легковых автомобилей. Такие восковые композиции, в первую очередь, были необходимы ВАЗу, закупавшему эти составы в Италии и Германии.

Первым удачным решением коллектива разработчиков (П. И. Белькевич, Г. В. Наумова, Д. А. Хоняк, А. И. Некрашевич) явился отечественный антиадгезив ИТАН, для производства которого по заданию Минхимпрома СССР в 1973 г. была создана промышленная установка по его выпуску на заводе Горного воска. Затем были разработаны антиадгезивы «Свислочь», «Белка» и др. для формования изделий из полужесткого и интегрального полиуретана. За разработку и внедрение импортозамещающих антиадгезивов на предприятиях страны (Волжский автозавод, Сызранский завод пластмасс, Московский АЗЛК, Ижевский автозавод, Запорожский автозавод)

коллектив разработчиков института неоднократно поощрялся премиями Минхимпрома СССР и награждался золотыми, серебряными и бронзовыми медалями ВДНХ СССР.

С 1975 г. на протяжении 18 лет Г. В. Наумова занимала должность заведующего лабораторией биотехнологий. В 1980-х годах в связи с недостатком кормов в республике этой лабораторией разработана серия кормовых добавок для животноводства с использованием продуктов переработки малоразложившегося сфагнового торфа, в том числе, торфяной мелассы, осахаренного торфа, торфобордяного корма, а также амидоконцентратных добавок, включающих мочевину, сапропель и торф, которые позволяли пополнить кормовые рационы крупного рогатого скота, особенно в неурожайные годы. Это явилось основанием для защиты в 1987 диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук по теме «Углеводно-гуминовый комплекс торфа, его переработка и использование».

Одновременно в этот период в лаборатории начаты исследования по оценке торфа и продуктов его химической деструкции, как источника биологически активных веществ. В результате проведения этих работ разработаны эффективные биологически активные препараты для биотехнологии (Биосин), для медицины, растениеводства, животноводства, птицеводства и других областей. Совместно с Одесским НИИ глазных болезней и тканевой терапии МЗ УССР был разработан эффективный способ получения лекарственного средства «Торфот» для офтальмологии и гинекологии, выпускавшего заводом «Биостимулятор» (г. Одесса), экспортимуемый в 20 стран мира. Разработаны также способы получения противовирусных и противоопухолевых препаратов, защищенные авторскими свидетельствами СССР.

С использованием методов окислительно-гидролитической деструкции торфа, бурых углей, сапропелей и отходов растительного сырья в 1990-е годы разработаны технологии производства регуляторов роста растений «Оксидат торфа», «Гидрогумат», «Оксигумат», «Мальтамин», «Мальтамин ЛХ», «Феномелан», «Таболин», «Аминогумат». Производство большинства из них освоено на ряде промышленных установок и предприятий Беларуси и широко используются в АПК республики и других отраслях.

На основе гуминовых регуляторов роста в содружестве с РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси» разработаны гуматы содержащие минеральные удобрения (МАГ-рапс и МАГ-кукуруза), используемые при выращивании этих культур, а также новые формы азотных, фосфорных, калийных и комплексных удобрений, включающие регуляторы роста «Гидрогумат» и

«Оксигумат». Так, ОАО «ГродноАзот» с 1993 г. выпускает ежегодно до 30–40 тыс. т гуматсодержащего карбамида.

В настоящее время завершаются испытания новой эффективной гуматсодержащей кормовой добавки для птицеводства «Гумосил», обогащенной селеном и йодом, разработанной совместно с РУП «Институт экспериментальной ветеринарии НАН Беларусь», а также совместно с НПЦ по животноводству НАН Беларусь – кормовых добавок для животноводства: «Гуметан», «Ипан», «Эколин», повышающих продуктивность и иммунитет крупного рогатого скота. На основе продуктов окисления торфа разработан и выпускается с 2011 г. предприятием «БелУниверсал Продукт» импортозамещающий консервант

влажного зерна «Гумоплюс», пользующийся спросом в хозяйствах республики.

За время научной деятельности ею подготовлено 6 кандидатов наук, за что Галине Васильевне в 2010 г. присвоено звание профессора.

Творческий багаж юбиляра составляет 3 монографии, более 400 научных статей, отдельные из которых опубликованы за рубежом. Она является автором 34 авторских свидетельства СССР и 15 патентов РБ, за что награждена медалью «Изобретатель СССР».

Галина Васильевна неоднократно поощрялась Почетными грамотами Минсельхозпреда РБ, концерна «Белнефтехим» РБ, Президиума Национальной академии наук Беларусь, Института торфа АН БССР и Института природопользования НАН Беларусь.

*А. К. Карабанов, А. Э. Томсон,
Н. А. Жмакова, Н. Л. Макарова, Т. Ф. Овечинникова*

К 60-летию член-корреспондента А. К. Карабанова***Александр Кириллович
Карабанов***

член-корреспондент,
доктор геолого-минералогических наук,
профессор,
директор Института
природопользования НАН Беларуси

С юбилеем Вас!

25 октября 2012 г. исполнилось 60 лет известному белорусскому ученому-геологу, доктору геолого-минералогических наук, профессору, члену-корреспонденту, лауреату премии НАН Беларуси, директору Института природопользования НАН Беларуси Александру Кирилловичу Карабанову.

Коренной минчанин, Александр Кириллович в 1969 г. закончил знаменитую специализированную среднюю школу № 24 (ныне лингвистический колледж), давшую ему не только глубокие знания основ естественнонаучных дисциплин, но и свободное владение немецким языком. Во время учебы на географическом факультете БГУ участвовал в многочисленных экспедициях по изучению озер в Белорусском Поозерье, а затем в геологических экспедициях под руководство академика Гаврилы Ивановича Горецкого, работал в стройотрядах. Еще на 4 курсе как один из лучших студентов БГУ А. К. Карабанов был награжден правительственной наградой – медалью «За трудовую доблесть». С отличием закончив в 1974 г. Белгосуниверситет, он поступил в очную аспирантуру Института геохимии и геофизики АН БССР. С тех пор и до наших дней делом всей его жизни стала геология. Огромное влияние на формирование молодого специалиста оказал академик Г. И. Горецкий и другие выдающиеся ученые-геологи. По материалам защищенной в 1983 г. кандидатской диссертации А. К. Карабанов в 1987 г. опубликовал свою первую монографию «Гродненская возвышенность: строение, рельеф, этапы формирования». В 2002 г. А. К. Карабанов защитил докторскую диссертацию на тему «Неотектоника Беларуси», в 2004 г. избран членом-корреспондентом НАН Беларуси, в 2011 г. ему присвоено ученое звание профессора.

Научные интересы А. К. Карабанова сосредоточены в области четвертичной геологии, геоморфологии, тектоники и геодинамики.



Одно из направлений его исследований – изучение закономерностей строения новейших геологических формаций, ледникового морфогенеза и эволюции крупных форм рельефа, гляциотектоники. На протяжении многих лет это направление развивалось в творческом сотрудничестве с профессором Э. А. Левковым. Полученные результаты опубликованы в нескольких монографиях и серии научных статей в белорусских и зарубежных изданиях.

Значительный пласт исследований А. К. Карабанова связан с новейшей тектоникой и неогеодинамикой. Особенно плодотворной стала работа, проведенная во второй половине 1990-х гг. совместно с академиком Р. Г. Горецким, профессором Э. А. Левковым, членом-корреспондентом Р. Е. Айзбергом, группой немецких, польских, украинских ученых в рамках международного проекта «Неогеодинамика Балтика» по Международной Программе геологических корреляций (IGCP). В это время А. К. Карабанов разработал оригинальную комплексную методику реконструкции амплитуд неотектонических движений в области древнематерикового оледенения, сформулировал концепцию неотектонической эволюции и новейшей геодинамики территории Беларуси и смежных областей Восточно-Европейской платформы, что позволило выполнить неотектоническое районирование Западной и Центральной Европы, выделить главные геодинамические факторы, определявшие характер геологических процессов на территории Беларуси и смежных областей запада Восточно-Европейской платформы.

В последние годы важным направлением исследований А. К. Карабанова и других геологов Института природопользования стало изучение разломов земной коры, форм проявления активных разломов в строении четвертичных отложений и рельефе земной поверхности, закономерностей сейсмотектоники территории Беларуси и смежных областей. В рамках этого научного направления составлена сейсмотектоническая карта Беларуси, выделены сейсмогенные и потенциально-сейсмогенные зоны возможного возникновения очагов землетрясений, которые контролируют распределение эпицентров землетрясений; разработаны геодинамические модели формирования разломов на площади Старобинского месторождения калийных солей. Результаты этих исследований имеют большое значение для практики проведения геолого-съемочных и геологоразведочных работ, они являются научной основой для проведения изысканий по обоснованию выбора площадки Белорусской АЭС, организации мониторинга опасных геологических процессов для обеспечения безопасной эксплуатации горнодобывающих предприятий и других особо ответственных инженерных сооружений и производств. За цикл работ по изучению разломов земной коры А. К. Карабанову в числе группы геологов Института природопользования в 2008 г. присуждена премия НАН Беларуси.

Результаты научных исследований А. К. Карабанова обобщены в 250 опубликованных научных работах, в том числе 13 монографиях, и нашли широкое признание как в Беларуси, так и за рубежом. Он совмещает научную и научно-педагогическую работу, в течение 14 лет по совместительству работает профессором кафедры динамической геологии географического факультета БГУ, руководит филиалом этой кафедры при НАН Беларуси, подготовил 1 кандидата наук, ныне является научным руководителем 4 аспирантов.

После реорганизации структуры Национальной академии наук и передачи Института геохимии и геофизики в Минприроды в феврале 2008 г. А. К. Карабанов в числе группы из 20 геологов был переведен в Институт проблем использования природных ресурсов и экологии

НАН Беларуси, вскоре переименованного в Институт природопользования.

С мая 2008 г. А. К. Карабанов работает в должности директора Института природопользования. А. К. Карабанов выполняет большую научно-организационную работу.

Он – научный руководитель четырех Государственных программ и подпрограмм: Государственной программы научных исследований «Научные основы комплексного использования, сохранения и воспроизводства природно-ресурсного потенциала и повышения качества окружающей среды» (ГПНИ «Природно-ресурсный потенциал»), подпрограммы «Геоэкологические и экотехнологические основы комплексного использования природно-ресурсного потенциала Беларуси» («Природопользование-2»), Государственной программы социально-экономического развития и комплексного использования природных ресурсов Припятского Полесья на 2010–2015 годы, Государственной целевой программы «Мониторинг полярных районов Земли и обеспечение деятельности арктических и антарктических экспедиций на 2011–2015 годы», научный руководитель пяти заданий в рамках названных программ.

Он является председателем ученого совета Института природопользования, заместителем председателя Государственного экспертного совета при ГКНТ, заместителем председателя экспертного совета ВАК, председателем комиссии по экспертизе проектов освоения месторождений полезных ископаемых, членом секции химии и наук о Земле БРФФИ, членом бюро Отделения химии и наук о Земле НАН Беларуси, и др., главным редактором журнала «Природопользование», членом редколлегий шести научных журналов: «Природные ресурсы», «Вестник Брестского университета», «Ученые записки Брестского госуниверситета», «Geografija» (Вильнюс), «Geological Quarterly» (Варшава), «Биосфера» (С.-Петербург).

В связи с 60-летним юбилеем мы желаем Александру Кирилловичу Карабанову крепкого здоровья, удовольствия от любимой научной работы, новых творческих достижений.

Р. Е. Айзберг, Р. Г. Гарецкий, А. В. Кудельский, А. В. Матвеев

К 60-летию со дня рождения В. С. Хомича

Валерий Степанович Хомич

доктор географических наук,
заместитель директора
Института природопользования
НАН Беларусь

С юбилеем Вас !

21 июля исполнилось 60 лет со дня рождения доктора географических наук, заместителя директора Института природопользования НАН Беларусь Хомича Валерия Степановича. Организатор эколого-геохимических исследований в городах Беларусь, В. С. Хомич является ведущим специалистом по комплексному анализу региональных экологических проблем, экологии городов и геохимии ландшафтов. Почти 40 лет Валерий Степанович служит географической науке, из которых более 20 лет возглавляет лабораторию. Его отличают высокий профессионализм, активная гражданская позиция, заботливое отношение к коллегам.

Научная деятельность В. С. Хомича началась в 1975 г. в Институте геохимии и геофизики АН БССР после окончания географического факультета Белорусского государственного университета. Успешно закончив аспирантуру, он с 1979 г. работал в должностях младшего и старшего научного сотрудника. С 1990 г. во вновь созданном Институте проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларусь организовал и возглавил лабораторию экологии городов, а с 1994 г. после реорганизации структуры института – лабораторию оптимизации геосистем. С 2005 г. работает в должности заместителя директора по научной работе.

Родился Валерий в д. Лучицы Клецкого района Минской области. Отец Степан Александрович был известным в Полесье столяром и своему мастерству научил сыновей. Суровый и требовательный по характеру, он отличался прогрессивными взглядами, много читал, хорошо знал польский язык. Мать, Мария Ивановна, – добрая и мудрая женщина, всегда была радушной и гостеприимной хозяйкой. В доме всегда бывало много людей и это ко многому обязывало. Ежедневно после школы, которая находилась за 7 км, дети помогали по хозяйству или развозили почту в соседние деревни. Отцовская серьезность, аккуратность и ответственность, материнская доброта в полной мере нашли свое отражение в характере Валерия. Любовь к географии проявилась с детства – этому



способствовали географические карты во всех комнатах родительского дома.

В Институте геохимии и геофизики В. С. Хомичу посчастливилось работать с известными геохимиками К. И. Лукашевым, В. К. Лукашевым, В. А. Кузнецовым, В. А. Ковалевым, Н. Н. Петуховой, А. Л. Жуховицкой, бывать в экспедициях с академиком Г. И. Гарецким. Огромное влияние на формирование молодого специалиста оказали идеи А. А. Хомича, который был не только научным руководителем, но и учителем по жизни.

В 1986 г. в Ленинградском педагогическом университете им. Герцена В. С. Хомич успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему «Трансформация ландшафтно-геохимической обстановки в зоне развивающегося промкомплекса (на примере г. Светлогорска, БССР)». На богатом фактическом материале В. С. Хомичу удалось показать особенности трансформации природных ландшафтов в зоне воздействия одного из крупнейших в Беларусь химических комплексов.

Под руководством В. С. Хомича и при непосредственном участии выполнены детальные почвенно-геохимические съемки в Минске, Гомеле, Светлогорске, Пинске, Мозыре и других городах, обследованы зоны влияния ряда опасных производств и полигонов отходов. Он внес значительный вклад в развитие теории и практики геохимии и геэкологии городских ландшафтов, разработку научно-методических основ эколого-геохимических исследований городских ландшафтов. Им выполнена систематизация природ-

ных и антропогенных факторов накопления и перераспределения загрязняющих веществ в ландшафтах городов, выявлены закономерности формирования геохимических аномалий в городах и зонах их влияния, а также в зонах интенсивного техногенного воздействия.

На основании богатого опыта эколого-геохимических исследований урбанизированных территорий и импактных зон, обобщения накопленных экспериментальных данных о состоянии почвенного покрова, ландшафтных вод, природных комплексов в городах В. С. Хомичем разработана методика комплексной оценки состояния городской среды, предназначенная для крупномасштабного картографирования и пространственного анализа экологической ситуации на территории города.

В 2005 г. В. С. Хомич успешно защитил докторскую диссертацию на тему «Геохимическая трансформация природной среды в городах Беларусь». Установленные в результате выполненных им исследований закономерности хемотрансформации природной среды в городах позволили существенно развить важное научное и практическое направление – экогохимию городских ландшафтов.

Научные результаты В. С. Хомича использованы при обосновании схем локального мониторинга почв на территории более 10 промышленных предприятий Республики Беларусь, при создании ОВОС ряда крупнейших производственных объектов (не только на территории Беларуси, но и за ее пределами).

Следует подчеркнуть, что разработки В. С. Хомича использованы при подготовке ряда важнейших документов, определяющих природоохранную политику на национальном и региональном уровнях: Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь до 2020 г.; Прогноза изменения окружающей среды и комплекса мероприятий с целью обеспечения экологической безопасности Республики Беларусь на 2010–2020 гг.; Национальный план выполнения обязательств, принятых Республикой Беларусь по Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, на 2007–2010 годы и на период до 2028 года; Стратегический план устойчивого развития г. Минска до 2020 г. Результаты эколого-геохимических исследований г. Минска положены в основу экологической политики при корректировке Генерального плана города.

В. С. Хомич – соавтор более чем 250 научных работ, в том числе 10 монографий. Под его руководством или непосредственном участии

организован ряд международных конференций и семинаров, реализован ряд крупных международных проектов.

Успешно сочетая научную и научно-организационную работу, В. С. Хомич много времени посвящает подготовке молодых кадров. Под руководством Валерия Степановича защищены три кандидатские диссертации. В настоящее время он является руководителем трех аспирантов. Неоднократно оппонировал докторские работы, был членом экспертного совета ВАК, в настоящее время – член двух советов по защите докторских и кандидатских диссертаций. На протяжении ряда лет В. С. Хомич является председателем комиссий по аттестации аспирантов и соискателей в институте.

В. С. Хомич – член Объединенного научного совета по фундаментальным географическим проблемам при Международной ассоциации академий наук (МААН), заместитель председателя ученого совета института, председатель секции «Геоэкология» ученого совета института, член бюро и ученый секретарь Межведомственного экспертного совета по приоритетному направлению фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 годы «Экология, природные ресурсы, ресурсосбережение, природопользование и защита от чрезвычайных ситуаций», член редколлегии журнала «Географический ежегодник» (Литва), член редколлегии и заместитель главного редактора сборника научных трудов «Природопользование», член редколлегий журнала «Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук» и периодического сборника научных трудов «Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця», издаваемого Полесским аграрно-экологическим институтом НАН Беларуси.

В 1998 г. за заслуги перед белорусской наукой, плодотворную научно-организационную деятельность и подготовку научных кадров В. С. Хомич награжден Почетной грамотой НАН Беларуси, в 2003 г. – Почетной грамотой Совета Министров Республики Беларусь за значительный вклад в становление и развитие геоэкологии, изучение городских геосистем и особенностей функционирования природных комплексов в зонах интенсивного техногенного воздействия.

Коллеги и друзья искренне поздравляют Валерия Степановича с юбилеем и желают дальнейших творческих успехов в развитии географической науки.

**В. Ф. Логинов, Т. И. Кухарчик,
С. В. Какарека, О. В. Кадацкая**

К 80-летию профессора Н. В. Кислова

29 апреля 2012 года исполнилось 80 лет со дня рождения доктора технических наук, профессора Николая Владимировича Кислова.

Родился Н. В. Кислов в г. Белостоке (Польша). В 1954 году окончил Белорусский политехнический институт с отличием, обучался в аспирантуре, работал ассистентом, старшим преподавателем, доцентом, заведующим кафедрой «Торфяные машины», деканом торфяного и автотракторного факультета. В 1987–1990 гг. – директор Института торфа АН БССР, с 1990 года – профессор кафедры «Горные машины» Белорусского национального технического университета.

Кислов Н. В. – известный ученый в области аэродинамических свойств измельченных материалов. Им разработаны научные основы пневматического транспорта сыпучих сред, закономерности движения аэрозолей и гидросмесей в различных потоках, обоснованы принципы расчета параметров ряда узлов пневмотранспортных систем. Много усилий вместе со своими учениками приложил для внедрения в торфобрикетное производство пневматических систем внутrizаводского транспорта торфа.

Результаты исследований профессора Кислова Н. В. нашли широкое применение при обосновании конструктивных элементов систем пневмотранспорта, методов и средств повышения эффективности пылеочистного оборудования, технологий и устройств для подготовки к сушке и брикетированию сыпучих материалов. За

разработки, внедренные на предприятиях Республики Беларусь, Николай Владимирович награжден знаком «Изобретатель СССР» (1987 г.), удостоен премии Совета Министров БССР (1990 г.) и премии Президента Республики Беларусь (1995 г.).

Николай Владимирович – автор 386 научных работ, в числе которых 12 монографий и отдельных изданий, 20 учебных и учебно-методических пособий, 47 патентов и авторских свидетельств. Под руководством профессора Кислова Н. В. подготовлено 17 кандидатов технических наук.

В настоящее время Н. В. Кислов работает над решением экологических проблем промышленных производств и в первую очередь торфяного производства. В сфере его интересов методы повышения эффективности сушки, обоснование оптимальных параметров подготовки и использования сырья, задачи очистки шламовых вод на торфобрикетных заводах. Им разрабатываются новые подходы по созданию ресурсосберегающих технологий переработки твердых горючих ископаемых, по техническому обеспечению экологической безопасности горных производств.

На протяжении многих лет Н. В. Кислов выполняет большую учебно-методическую и научно-организационную работу. Он является членом горной секции НТС ГНТК СССР, заместителем председателя учебно-методического совета Минвуза СССР, заместителем председателя секции конструкторских работ НТС Минвуза Беларусь, редактором межведомственного сборника «Машины и технология торфяного производства».

Основное призвание Кислова Н. В. – педагогическая работа, он читает курсы лекций по горным машинам и технологии торфяного производства, является членом редколлегий журналов «Горная механика и машиностроение», «Наука и техника». В кропотливую и повседневную работу со студентами Николай Владимирович вкладывает свою душу и энергию и по праву считается одним из самых квалифицированных наставников, награжден знаком «Выдатнік адукцыі» (2005 г.).

Николай Владимирович полон сил и творческих планов. В работе неустанен и заряжен новыми идеями. Поздравляя его с юбилеем, мы от всей души желаем ему здоровья, счастья, новых творческих успехов и свершений на ниве подготовки инженерных кадров и дальнейшего развития белорусской науки.

Г. В. Казаченко, П. В. Цыбуленко, Л. С. Лис

Потери науки

**Памяти замечательного коллеги и выдающегося специалиста
в области химической технологии твердых горючих ископаемых
Петра Леонтьевича ФАЛЮШИНА
(1933–2012)**

24 июня 2012 г. на 80-м году ушел из жизни главный научный сотрудник Института природопользования НАН Беларусь Петр Леонтьевич Фалюшин – известный ученый в области пирогенных процессов, химии и химической технологии твердых горючих ископаемых, доктор технических наук.

Петр Леонтьевич Фалюшин родился 17 июня 1933 г. в деревне Муночь Клепиковского района Рязанской области. В 1956 г. окончил механико-технологический факультет Московского торфяного института по специальности инженер-технолог. В начале своей научной карьеры Петр Леонтьевич специализировался на получении ценных химических продуктов и материалов из торфа. Затем он был направлен в Институт торфа АН БССР. Работал старшим инженером на торфяной станции и участвовал в испытаниях технологии экстракции битумов из торфа, что положило начало организации опытно-промышленной установки, а затем и завода горного воска. Ныне это одно из успешно работающих предприятий концерна «Белнефтехим». С 1959 по 1962 г. он – аспирант института, затем младший научный сотрудник, главный инженер лаборатории. В 1972 г. Петр Леонтьевич Фалюшин защищает кандидатскую диссертацию, а в 1992 г. – докторскую, тема «Саморазогревание торфа при хранении». На протяжении научной деятельности ученый занимался разработкой технологии получения торфяного воска, энергетической переработкой торфа, горючих сланцев, бурых углей, проблемами автоокисления, саморазогревания и самовозгорания твердых топлив. Он впервые доказал протекание ионообменных реакций, установил явление образования пирофорных веществ в твердых горючих ископаемых при автоокислении, раскрыл механизм их самовозгорания, разработал способы прогнозирования склонности торфа к самовозгоранию. Обобщение этих работ позволило ему сформулировать явление самовозгорания как предмет открытия механизма этого процесса, что



было высоко оценено крупными учеными Советского Союза. Однако из-за распада СССР получить свидетельство об открытии явления образования пирофорных веществ при автоокислении твердых горючих и органических материалов при хранении не представилось возможным.

Петр Леонтьевич Фалюшин установил закономерности термического разложения окисленного при хранении торфа и предложил направления его использования, показал влияние автоокисления и катализаторов на реакционную способность твердых топлив, выход и состав продуктов термического разложения.

В последнее время он много занимался созданием научных основ и оборудования для получения газообразных и жидкых энергоносителей на основе бурых углей, горючих сланцев, торфа, растительной биомассы. Под руководством П. Л. Фалюшина был разработан и изготовлен опытный стенд, на котором впервые показана высокая эффективность термохимической переработки бурых углей месторождений Беларусь с получением жидких и газообразных энергоносителей. Его активная позиция позволила внести конструктивные изменения в газогенераторные установки разной мощности, что расширило сферу их использования. Он был научным руководителем ряда заданий Государственных программ по природопользованию и охране окружающей среды.

Сферой научных интересов П. Л. Фалюшина являлась также разработка способов минимизации выбросов в окружающую среду экологически стойких органических загрязнителей при горении и термохимической переработке различных органогенных материалов.

Ученым опубликовано более 250 научных работ, в том числе 25 патентов на изобретение. Под его руководством защищены три кандидатские диссертации, он являлся членом Совета по защите диссертаций, членом Ученого совета института.

Петр Леонтьевич отличался бесконфликтностью, доброжелательностью и стремлением оказать помощь и содействие в работе своим коллегам, пользовался авторитетом в коллективе, обладал широкими энциклопедическими знаниями в различных областях знаний, считался в среде коллег экспертом по вопросам энергетического направления не только в республике, но и за рубежом.

За успехи в работе П. Л. Фалюшин награжден медалью ВДНХ СССР, Почетной Грамотой Президиума АН Беларуси, Почетными грамотами ВАК Беларуси, неоднократно отмечен Почет-

ными грамотами института и занесен в Книгу Почета института.

П. Л. Фалюшин пользовался заслуженным уважением во многих научных учреждениях академии наук и вузах страны. Он оставил большое научное наследие и задача его коллег и сотрудников – удачно им распорядиться и обеспечить дальнейшее развитие его идей и предложений.

Светлая память об ученом сохранится в сердцах всех тех, кто его знал, работал с ним и постоянно ощущал его поддержку, доброжелательность и открытость.

*А. К. Карабанов, И. И. Лиштван,
Г. В. Наумова, А. Э. Томсон, Л. С. Лис*

Научное издание
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Сборник научных трудов
Выпуск 22

Редактор *А. В. Новикова*
Компьютерная верстка *Н. В. Данькова, Т. Н. Козловская*

Подписано в печать 30.10.2012. Формат 60x90/8. Бумага офсетная.
Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 31,39. Уч.-изд. л. 34,14.
Тираж 120 экз. Заказ № 2796.

Издатель и полиграфическое исполнение РУП «Минсктиппроект».
ЛИ № 02330/0549410 от 08.04.2009.
ЛП № 02330/0494102 от 11.03.2009.
Ул В. Хоружей, 13/61, 220123, г. Минск.