

Природо- пользование

ВЫПУСК 28



2015

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ИНСТИТУТ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»

Природо- пользование

Сборник научных трудов

Основан в 1996 г.

Выпуск 28



МИНСК

2015

УДК 504.(476) (082)

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

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

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

РЕДКОЛЛЕГИЯ:

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

I. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ		
Логинов В. Ф., Коляда В. В.	Проблемы повышения адаптивной способности Республики Беларусь к изменениям климата	5
Мелех Д. В., Наркевич И. П.	Национальные коэффициенты и показатели для расчетов выбросов диоксида углерода в секторе «Энергетика»	14
Матвеев А. В., Автушко М. И., Нечипоренко Л. А.	Концентрация местного (грунтового) радона в приповерхностном слое моренных отложений Беларуси	20
Лукашёв О. В., Жуковская Н. В., Натаров В. М., Лукашёва Н. Г., Савченко С. В.	Микроэлементы в аллювиальных почвах Березинского биосферного заповедника	25
Голубцов А. Г.	Методические подходы интеграции ландшафтного планирования в территориальное планирование в Украине	32
Тановицкая Н. И., Навоша Ю. Ю., Ратникова О. Н., Леонович Е. П.	Определение направлений использования торфяных месторождений и болот Витебской области с учетом их современного состояния	43
Лис Л. С., Кунцевич В. Б., Макаренко Т. И., Агейчик И. В.	Об оценках пригодности торфяных месторождений к комплексному использованию	50
Бровка А. Г., Дедюля И. В.	Термодинамическое равновесие системы лед–раствор электролита в малых объемах	56
Краковецкий А. В.	Методические подходы к определению экономической ценности естественных болотных экосистем	61
II. БИОСФЕРНОСОВМЕСТИМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ		
Бамбалов Н. Н., Бачура-Тюликова Д. С., Милевич М. С.	Влияние гидролиза гуминовых кислот торфа на изменение поверхностного натяжения их растворов	68
Коврик С. И., Бамбалов Н. Н., Соколов Г. А., Гаврильчик Н. С., Смирнова В. В., Павлов К. А., Крышнев М. М.	Оценка прецизионности методики определения массовой доли растворенных органических веществ в жидких гуминовых препаратах	72
Томсон А. Э., Гончарова И. А., Соколова Т. В., Сосновская Н. Е., Пехтерева В. С.	Оценка возможности использования отходов твердофазного культивирования ксилотрофных базидиомицетов для очистки водных сред от поллютантов	79
Бровка Г. П., Романенко И. И., Дедюля И. В., Андреевко Н. В.	Способы интенсификации тепло- и массообмена при термохимической переработке твердых горючих ископаемых	84
Ярыгина О. Н., Пономарева Т. И., Труфанова М. В., Селянина С. Б., Парфенова Л. Н., Хвилюзов С. С., Томсон А. Э., Соколова Т. В., Стригуцкий В. П., Пехтерева В. С.	К вопросу о содержании групповых составляющих торфа в зависимости от применяемых схем их выделения	90
Наумова Г. В., Козинец А. И., Жмакова Н. А., Макарова Н. Л., Овчинникова Т. Ф., Надаринская М. А., Голушко О. Г.	Новая биологически активная кормовая добавка «Эколин» и эффективность ее применения	97

ХРОНИКА		
Какарека С. В., Логинов В. Ф., Гайдашов А. А.	Об итогах участия белорусской делегации в XXXVIII консультативном совещании по договору об Антарктике	103
Камышенко Г. А.	Международный научно-практический семинар «Актуальные проблемы наук о Земле. Геологические и географические исследования трансграничных регионов»	107
Хомич В. С., Коляда В. В., Кадацкая О. В.	Памяти Александра Владимировича Кожаринова	110

I. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 551.583 (476)

В. Ф. Логинов, В. В. Коляда

ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ АДАПТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА

Рассмотрен существующий потенциал адаптации Республики Беларусь к изменениям климата, показаны современные ограниченные институциональные, организационные, кадровые и финансовые возможности страны для адекватного реагирования на их последствия в сельском хозяйстве и других климатозависимых отраслях. Предлагается комплекс мер по повышению адаптивной способности страны к наблюдаемым и ожидаемым изменениям климата.

Проблема изменения климата и ее значимость для Беларуси. Вопросы изменения климата за последние несколько десятилетий перешли из разряда академических исследований в сугубо практическую плоскость. Основной причиной современных изменений климата считают антропогенное усиление парникового эффекта, возникающее при увеличении концентрации в атмосфере двуокиси углерода (CO_2) и других парниковых газов в результате сжигания ископаемого топлива, а также нарушения углеродного баланса природных экосистем. Установлено, что концентрация парниковых газов неуклонно растет с начала промышленной революции. Данная проблема знаменует собой достижение человечеством «пределов роста» – критических уровней воздействия на биосферу, грозящих многочисленными катаклизмами, а ее решение становится условием дальнейшей эволюции современной цивилизации.

Всеобщее признание проблема изменения климата получила в последней четверти XX в. В 1976 г. Всемирная метеорологическая организация (ВМО) выпустила первое заявление об угрозе глобальному климату, а в 1979 г. была учреждена Всемирная Климатическая Программа, направленная на изучение климата с целью его сохранения. Обеспокоенность мирового сообщества привела к подписанию в Рио-де-Жанейро (1992 г.) Рамочной конвенции ООН об изменении климата, в которой государства, в том числе Республика Беларусь, приняли на себя ряд обязательств, включая: 1) изучение изменений климата на глобальном и национальном уровнях; 2) оценку их влияния на природу и социально-экономическую сферу; 3) проведение национальных инвентаризаций парниковых газов; 4) разработку мер по адаптации к изменениям

климата. Для научного обеспечения конвенции под эгидой ВМО и программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) в 1988 г. была учреждена Межправительственная Группа Экспертов по Изменению Климата (МГЭИК). Выполнение принятых странами обязательств отражают выходящие на регулярной основе Национальные сообщения. На данный момент вышел в свет шестой выпуск Национального сообщения Республики Беларусь [35].

В ходе исследований, развернутых в ответ на глобальный климатический вызов, климатология из научной дисциплины, обобщающей результаты метеорологических наблюдений, превратилась в передовую область междисциплинарных исследований, базирующуюся на самых современных информационных технологиях. Объектом исследований стала система атмосфера–океан–суша, позволившая за счет косвенных данных о состоянии климата (исторических, дендрологических, палеоботанических, гляциологических и др.) существенно расширить временные рамки и эмпирический базис исследований. В дополнение к традиционным наблюдениям широкое развитие получили дистанционные методы, на основе которых был организован мониторинг таких критически важных элементов климатической системы, как содержание углекислого газа в атмосфере, уровень Мирового океана, площадь морских льдов Арктики, состояние ледников Антарктиды и Гренландии. Важное место в исследованиях заняло математическое моделирование. При этом ключевую роль приобрели глобальные климатические модели, воспроизводящие общую циркуляцию атмосферы и океана, динамику криосферы, процессы теплооблагодотеноса в деятельном слое суши, состояние углеродного цикла. Расчеты по моделям

с учетом сценариев социально-экономического развития, определяющих будущие содержания парниковых газов, позволили получить прогнозы приземной температуры и других параметров климата на периоды в 10–100 лет и более. Вполне очевидно, что активное, неформальное участие Беларуси в этих исследованиях, предполагающих широкое международное сотрудничество, будет способствовать общему подъему уровня научных исследований в стране в самых различных областях естествознания и техники.

Исходя из структуры оценочных сообщений МГЭИК, подготовившего к настоящему времени пять своих докладов (1990, 1995, 2001, 2007 и 2014 г.), основными аспектами проблемы изменения климата являются: 1) выявление масштабов изменений климата и установление их физических причин; 2) оценка последствий изменений климата для природных экосистем и основных секторов экономики и разработка способов адаптации к этим изменениям; 3) разработка мер по сохранению современного климата [10, 11].

Первый ее аспект разрабатывается преимущественно климатическими центрами развитых стран, располагающими примерно двумя десятками глобальных климатических моделей – основным инструментом для исследования динамики климатической системы. Беларусь здесь располагает весьма скромными возможностями, связанными в основном с анализом доступных через Интернет результатов моделирования, а также данных наблюдений за климатом на собственной территории. Вопросы сохранения климата также не могут рассматриваться для нее в качестве приоритетной задачи, поскольку вклад Беларуси в глобальную эмиссию парниковых газов составляет менее 0,2 % [4]. Исходя из национальных интересов, этот аспект важен не столько в смысле борьбы с потеплением климата, сколько в плане преодоления технологической отсталости в различных отраслях экономики.

Наиболее важным для Беларуси аспектом рассматриваемой проблемы является оценка современных изменений климата на ее территории и прогнозы его состояния в будущем, применение климатических знаний в различных отраслях экономики, включая вопросы адаптации к его изменениям. Согласно последнему сообщению МГЭИК, в настоящее время основное количество публикаций в мире по проблеме изменения климата посвящено как раз вопросам адаптации [11].

В работе предпринята попытка комплексно рассмотреть существующую адаптивную способность Республики Беларусь к наблюдаемым и ожидаемым изменениям климата, а также возможные меры для ее повышения в будущем.

Современный потенциал адаптации Беларуси к изменениям климата и его последствия. Согласно терминологии МГЭИК,

адаптация (adaptation) охватывает инициативы и меры по уменьшению уязвимости естественных и антропогенных систем к фактическим или ожидаемым последствиям изменения климата. Уязвимость (vulnerability) трактуется как степень восприимчивости системы к изменениям климата, включая изменчивость и экстремальные явления, неспособность справиться с их негативным воздействием. Она зависит как от типа, величины и скорости изменений климата, так и от чувствительности данной системы к воздействиям изменяющегося климата и ее способности к адаптации. Адаптивная способность (adaptive capacity) – это способность систем приспосабливаться к изменениям климата, снижая негативные и используя его благоприятные возможности. Она определяется совокупностью ресурсов и институтов в стране или регионе для осуществления эффективных мер адаптации [10].

Современное глобальное потепление на территории Беларуси проявилось в конце 1980-х гг., т. е. практически совпало с приобретением ею государственного суверенитета. Однако за прошедшую без малого четверть века независимого развития Республика Беларусь остается институционально не вполне готовой к решению вопросов адаптации сельского хозяйства и других климатозависимых отраслей экономики к изменениям климата. В стране отсутствуют официальный документ, законодательно закрепляющий проблему изменения климата в качестве приоритета долговременной экологической политики, специализированный *научно-исследовательский центр* для изучения многочисленных теоретических, методических и прикладных аспектов данной проблемы, стабильное финансирование работ в данной области, а также сохраняется дефицит квалифицированных научных кадров для проведения исследований. Данная ситуация связана как с советским наследием, так и с политикой государства в данной области в постсоветский период.

Как известно исследования климата Беларуси на первых этапах ее существования в 1920–1930-е гг. связаны с деятельностью известного климатолога и геофизика А. И. Кайгородова – создателя и первого директора Минской геофизической обсерватории, автора первых обобщающих работ по климату нашей страны, ее первого агроклиматического районирования [13]. Однако в 1955 г. это единственное в данной области научно-исследовательское учреждение Беларуси было ликвидировано [2]. С тех пор научно-методическое обеспечение деятельности в области метеорологии и климатологии осуществлялось из-за пределов Беларуси, прежде всего, из научных центров, расположенных в России (Главная геофизическая обсерватория имени А. И. Воейкова, Гидрометеоцентр, ВНИИ

сельскохозяйственной метеорологии и др.). За пределами Беларуси в советский период велась подготовка и ее научных кадров (Ленинград, Одесса).

Впрочем, исследования по теоретическим и прикладным аспектам климатологии в Беларуси продолжались. В 1950–1980-е гг. специалистами Гидрометцентра (М. А. Гольберг, Н. А. Малишевская, Т. С. Попова, И. А. Савиковский и др.) были выполнены обобщения по основным элементам климата, оценены климатические условия крупнейших городов (столица и все областные центры), составлены агроклиматические справочники Беларуси (1958, 1969, 1985 г.). Обобщение накопленных к тому времени более полных сведений о климате Беларуси и оценка его ресурсов для сельского хозяйства было выполнено в БГУ в двух монографиях А. Х. Шкляра (1962 и 1973 г.).

За два с половиной десятилетия суверенного развития Беларуси ситуация коренным образом не изменилась. Началась лишь подготовка кадров в области гидрометеорологии (на базе географического факультета БГУ), но остаются проблемы с ее качеством, поскольку метеорология и климатология относится в большей мере к наукам физико-математического цикла. В этой связи совершенно очевидна необходимость усиления физико-математической подготовки специалистов путем создания на физическом факультете кафедры физики атмосферы.

Вопрос о создании научно-исследовательского центра (института) в эти годы ставился несколько раз, но каждый раз откладывался. Последний раз это произошло в 2010 г., когда было подготовлено Постановление Президиума НАН Беларуси о создании Института климатических и полярных исследований численностью 25 человек.

В этой связи заметим, что сегодня в Российской Федерации только в системе Росгидромета функционирует 17 научно-исследовательских учреждений. Кроме того, имеются профильные институты РАН и многочисленные кафедры университетов. Три подобных учреждения существуют в Украине. Гидрометеорологические институты сегодня есть в таких небольших по территории странах, как Болгария, Грузия, Финляндия, Эстония.

Сегодня научные исследования по проблеме изменений климата и их последствиям в Беларуси проводятся малочисленными научными коллективами (1–4 человека), выполняющими разовые задания в течение 1–3 лет при весьма скудном финансировании в рамках различных программ и при отсутствии общей координации работ.

Среди климатозависимых отраслей долгосрочная стратегия адаптации к изменениям кли-

мата (до 2050 г.) разработана лишь для лесного хозяйства [30]. Аналогичная стратегия адаптации для сельского хозяйства до сих пор отсутствует. Показательно, что в действующей в настоящее время Государственной программе устойчивого развития села на 2011–2015 годы не упомянут даже термин «климат» [6]. Реализация, разработанной комплексной Государственной программы мер по смягчению последствий изменения климата на 2013–2020 гг. отложена [5]. Вопрос о начале ее финансирования с 2016 г. лишь обсуждается. Впрочем, даже если финансирование данной программы и будет осуществляться, то расходы на научные исследования сохранятся на минимальном уровне.

Следует заметить, что нынешняя ситуация в области исследований по проблеме изменения климата, как и состояние научно-методического обеспечения гидрометеорологической деятельности в Беларуси не отвечают статусу суверенного государства, напрямую затрагивая вопросы ее национальной безопасности.

Недостаточный уровень развития научных исследований по проблеме изменения климата в Беларуси является причиной нерешенности многих задач для чувствительных к их влиянию отраслей экономики, прежде всего, сельского хозяйства.

Одной из таких задач является *агроклиматическое районирование* Беларуси. Как известно, согласно схеме агроклиматического районирования А. Х. Шкляра [36], на территории Беларуси с использованием сумм температур выше 10 °С и показателей увлажнения выделяются три агроклиматические области: Северная – умеренно теплая влажная; Центральная – теплая умеренно влажная; Южная – теплая неустойчиво влажная. Поскольку основополагающим принципом районирования провозглашалась увязка агроклиматических границ с комплексным физико-географическим районированием, изолинии сумм температур проводили при строгом учете мезорельефа через 200 °С и они почти в точности совпали с границами природных районов. Так, изолиния сумм температур в 2200° служит южной границей провинции Белорусского Поозерья, соответствия южной границе ареала ольхи серой и северной геоботанической подзоны елово-широколиственных лесов. Изолиния сумм температур в 2400° является южной границей Западно-Белорусской и Предполесской провинций [36]. Впрочем из-за корректировок изолиний, агроклиматические области характеризуются не всегда «круглыми» значениями этого основного для них показателя: в Северной области – 1950–2200 °С, в Центральной области – 2150–2450 °С и Южной области – 2400–2550 °С [36].

В современных условиях изменение границ агроклиматических областей на территории Бе-

ларуси стало рассматриваться как наиболее значимый результат глобального потепления климата. Это было продемонстрировано прямым сравнением границ агроклиматических областей А. Х. Шкляра с изотермами сумм температур выше 10 °C за период 1989–1999 гг. и был сделан вывод, что потепление привело к сдвигу границ агроклиматических областей к северу, вызвав распад Северной области и появление на юго-западе и юго-востоке Белорусского Полесья новой, четвертой, области с суммами температур свыше 2600 °C [22]. В дальнейшем схема районирования с четырьмя агроклиматическими областями опиралась на данные за более продолжительный период, меняла свои очертания, а «изолинии сумм температур выше 10 °C за современный период» превратились в границы агроклиматических областей с указанием авторства [26, 27].

Как справедливо замечено, агроклиматическое районирование, базирующееся на одном количественном показателе (суммах активных температур), обречено на непрерывную модификацию [9]. Вполне очевидно, что с увеличением температуры изолинии автоматически будут сдвигаться к северу, также как при ее понижении смещались бы к югу. Можно ли вообще говорить об агроклиматическом районировании, базируясь лишь на одном, пусть и таком важном, показателе? В конце концов последнее предполагает широкий синтез и других данных о природных условиях сельского хозяйства. В данном случае более правильно говорить об изолинейном картографировании определенных значений сумм температур с целью выявления их пространственной (территориальной) структуры. Например, А. Х. Шкляр помимо схемы районирования приводит две картограммы сумм активных температур выше 10 °C с обеспеченностью в 50 и 80 % соответственно [36]. Аналогичные по содержанию картограммы опубликованы и современными авторами [9, 16, 21]. Все они однозначно свидетельствуют о росте термических ресурсов в Беларуси в современный период, но дают весьма противоречивую картину их территориального распределения, что логично проистекает из различий в методических подходах и использованных данных: период осреднения, число метеостанций, способ определения дат перехода через 10 °C, метод интерполяции и др.

Возвращаясь к агроклиматическому районированию, заметим, что используемые в качестве границ областей «круглые» значения сумм температур, включая 2600 °C, не представляют собой естественных рубежей, а лишь служат удобными индикаторами. В конце концов общее районирование представляет собой территориальный аспект комплексной оценки агроклиматических ресурсов. Возможным выходом в этом

случае является использование для характеристики этих ресурсов фиксированных природных границ, поскольку величина агроклиматических ресурсов определяется всем комплексом природных условий. А если учесть, что сами оценки адресованы, прежде всего, хозяйственникам и управленцам, то можно говорить о привязке агроклиматических областей к административным границам. В конце концов, гораздо удобнее корректировать не спорные границы агроклиматических выделов, а многочисленные показатели в пределах четко установленных границ.

Второй дискуссионной проблемой являются современные представления о *величине биоклиматического потенциала* Беларуси. В современных публикациях обосновывается представление о низком биоклиматическом потенциале Беларуси как фундаментальном препятствии для ведения эффективного растениеводства в сравнении с развитыми странами. Так, на основе специального индекса, показана более низкая урожайность в Беларуси по сравнению с Польшей в 1,3 раза, с Великобританией – в 1,5, с Германией – в 1,7, а с Францией – в 2,0 раза [17]. Близкие значения понижающих коэффициентов урожайности для Беларуси приводятся со ссылкой на индексы ФАО (в сравнении с Польшей – 1,2, с Германией – 1,5, с США – 2,0) [12]. Однако указанные оценки принципиально расходятся с результатами аналогичных советских и современных российских исследований, которые демонстрируют близкий к западноевропейским странам биоклиматический потенциал Беларуси [3, 34]. Еще более важным является, что его реализация в нашей стране находится на уровне 30 %, в то время как развитых странах может превышать 80 % [15]. О низком уровне использования биоклиматического потенциала в Беларуси свидетельствуют результаты сравнительного анализа данных статистики и государственного сортоиспытания по урожайности для широкого круга сельскохозяйственных культур [14, 18].

В условиях глобальных изменений климата также тиражируется мнение о принадлежности Беларуси к *зоне рискованного земледелия*. При этом содержание этой зоны не раскрывается, а принадлежность к ней нашей страны не обосновывается [22, 32, 35]. Согласно альтернативной точке зрения, при выполнении всех установленных агротехнологических регламентов в Беларуси можно получать гарантированные урожаи районированных сортов сельскохозяйственных культур [31]. Сравнительные оценки климатической изменчивости урожаев сельскохозяйственных культур для дореволюционного (1883–1914 гг.) и послевоенного (1945–1970 гг.) периодов показывают, что территория Беларуси относится к областям Восточной Европы с минимальной климатической изменчивостью урожаев [23, 24]. И в настоящее время нет никаких

оснований говорить о радикальном изменении данной ситуации.

Как известно, риски неурожаев в пределах крупных территорий в основном связаны с засухами. Например, в России условной границей рискованного земледелия считается изогипса годовой суммы осадков в 500 мм [7]. В Беларуси количество осадков менее 500 мм в год отмечается на метеостанциях юга и востока страны в отдельные годы (с максимальной обеспеченностью 27–30 % в Брагине), причем наблюдается тенденция к ее повсеместному снижению из-за роста количества осадков. Рост количества осадков, если исходить из результатов моделирования, будет продолжаться в средних широтах и в будущем [10, 11].

Естественно, здесь важна не столько сумма осадков, сколько ее распределение в критические фазы развития растений. Этому вопросу в настоящее время уделяется недостаточное внимание. Оценки климатических рисков при возделывании сельскохозяйственных культур на территории Беларуси в настоящее время и на перспективу представляется весьма важным направлением будущих исследований.

Адаптация к изменяющемуся климату, основной тенденцией которого является потепление, связана, прежде всего, с введением в посевы новых теплолюбивых культур. В условиях уверенного развития их внедрение одновременно диктуется экономическими причинами, необходимостью импортозамещения. В результате за последние десятилетия в Беларуси существенно изменилась структура посевных площадей: сократилась роль традиционных культур (озимая рожь, яровой ячмень, овес, картофель, лен-долгунец) и произошло расширение посевов тритикале, пшеницы, кукурузы на зерно, масличного рапса. Заметную роль в посевах на юге и западе страны стали играть озимый ячмень, просо, соя, подсолнечник на семена и некоторые другие культуры. При этом в условиях сохраняющейся административно-командной системы управления сельским хозяйством возрастает *опасность необоснованного введения в посевы теплолюбивых культур*, что как раз и может способствовать существенному повышению на территории Беларуси уровня климатического риска в земледелии. Примером такого рода внедрения новых культур может служить решение о производстве в Беларуси дынь и арбузов, начиная со следующего года, по 100 га в каждой области.

Меры по повышению адаптивной способности территории Беларуси. Сегодня многие государства проводят активную политику в области изменения климата, инициируя исследования по разным аспектам данной проблемы, разрабатывая адаптационные стратегии на секторальном и региональном уровнях, чтобы уве-

личить свои возможности для адаптации к наблюдаемым и возможным климатическим изменениям.

Сравнительный анализ адаптивной способности и результатов политики адаптации по материалам пятых выпусков национальных сообщений для 117 государств показал критическую важность надлежащего институционального управления как предпосылки для проведения успешной адаптации к изменениям климата. Отмечается, что другие элементы адаптивной способности вряд ли будут достаточны, эффективны и представительны на национальном уровне, где недостаточно учреждений и управления [39].

В условиях Беларуси это означает, прежде всего, необходимость придания высокого статуса проблеме изменения климата, что не может быть достигнуто без формирования научно-исследовательских структур и программ для решения существующих и возможных последствий на региональном и локальном уровнях, расширения подготовки квалифицированных кадров для получения научных знаний по всем аспектам данной проблемы, а также пропаганды этих знаний среди лиц, принимающих решения, и широкой общественности.

Формой своевременного обнаружения изменений климатических показателей и оперативного обеспечения климатозависимых отраслей, прежде всего сельского хозяйства, актуальной информацией в современных условиях является *мониторинг изменений климата* [8]. Обновление на регулярной основе справочно-нормативных данных с использованием современных компьютерных технологий должно прийти на смену традиционным формам информационного обеспечения экономики в виде справочников, в которых информация обновляется с интервалом в 20 лет [25]. Последний такой агроклиматический справочник Беларуси обобщает наблюдения за 1986–2005 гг., но уже сейчас очевидна его неполная адекватность текущим климатическим условиям.

Сегодня в Беларуси комплексный мониторинг изменений климата в широком смысле этого слова (с учетом факторов его определяющих) как часть Национальной системы мониторинга окружающей среды требует развития. Отдельные его элементы, например, в виде характеристик климатических особенностей конкретного года в выпусках Экологического бюллетеня не являются достаточными [29]. Кстати необходимость издания Экологического бюллетеня, который выходит с 1991 г., поставлено Минприроды под сомнение. Мониторинг изменений климата в рамках СНГ, в котором участвует Белгидромет, в силу охвата огромной территории и мелкомасштабности, в основном обеспечивает возможность сравнений

между странами, в то время как важные для Беларуси детали регионального и локального уровня при этом теряются [28]. В результате не в полной мере используются возможности местной метеосети для оперативного удовлетворения информационных потребностей климатозависимых отраслей.

Организация полноценной системы климатического мониторинга должна, на наш взгляд, сыграть мобилизующую роль в исследованиях по проблемам изменения климата и его последствий в Республике Беларусь.

Условием успешности мониторинга изменений климата, а, следовательно, и разработки адекватных адаптивных мер является объективность оценок изменений климата, актуальность которых в условиях неопределенности современных трендов лишь возрастает [19]. В этой связи повышенные требования предъявляются к качеству материалов наземных метеонаблюдений, главной проблемой которых является нарушение однородности временных рядов под влиянием урбанизации и переносов метеостанций. Масштаб проблемы определяется тяготением существующей метеосети к быстро развивающимся городам. К сожалению ситуация в этом отношении лишь усугубляется. Так, в текущем году прекращены наблюдения сразу на пяти «сельских» метеостанциях Беларуси: Езерище, Лепель, Сенно, Лельчицы и Чечерск. В этих условиях важным элементом современных климатологических исследований становится *гомогенизация временных рядов*, рекомендованные ВМО процедуры которой находят широкое применение при оценках изменения климата на уровне стран и регионов [37].

Среди других проблем использования материалов наземных наблюдений выделяют неравномерность метеосети. Особой проблемой является выбор концептуальной модели региональных изменений климата на исследуемом интервале времени (постепенные изменения, оцениваемые линейным трендом, либо резкие скачкообразные смены его режимов) [1].

В Беларуси, где данные наземных наблюдений представляют, по сути, единственный фактический материал для обнаружения изменений климата, выявление и устранение неоднородности рядов, а также решение других методических проблем являются непременным условием получения корректных оценок. Во многом проблемами качества используемых климатических данных продиктована нынешняя неопределенность в оценках изменения термических ресурсов на территории Беларуси [20, 22].

Дополнительные возможности для мониторинга изменения климата обеспечивает математическое моделирование. Например, для организации численного мониторинга изменения климата в интересах сельского хозяйства в Российской

Федерации предполагается использовать целую систему моделей: модели продуктивности агроэкосистем (динамические и физико-статистические модели погода–урожай); модели углеродного цикла пахотных почв, позволяющие рассчитывать приходную и расходную составляющие баланса органического вещества; модели водно-теплового режима агроэкосистем, позволяющие определить составляющие теплового и водного баланса, включая динамику запасов продуктивной влаги в почве; модели и агроклиматические показатели для оценки степени риска сельскохозяйственного производства, создаваемого неблагоприятными климатическими условиями (засухами, заморозками и т. д.); экономико-климатические модели для оптимизации видового состава и размещения сельскохозяйственных культур, а также применения удобрений, орошения, мелиорантов в соответствии с изменяющимися климатическими условиями [33].

Сегодня в условиях Беларуси роль климата в динамике продуктивности агроценозов и лесов или плодородия почв, которые отслеживаются с различной периодичностью в рамках статистического учета, лесного и земельного кадастра, агрохимического мониторинга, остается проблематичной. В значительной степени это обусловлено отсутствием необходимого инструментария. Существующие оценки климатообусловленной продуктивности сельского хозяйства Беларуси получены зарубежными специалистами, в основном с использованием имитационной системы Климат–Почва–Урожай, разработанной во ВНИИ сельскохозяйственной метеорологии Росгидромета (г. Обнинск) под руководством О. Д. Сиротенко с использованием материалов полевых экспериментов для бывшего СССР. Анализ оценок для территории Беларуси показывает, что применяемая в имитационной системе параметризация во многом устарела.

Современным аналогом данной системы является разработанная в США *моделирующая система* Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT), доступная версия которой обеспечивает имитацию урожаев 28 сельскохозяйственных культур. Ее модели имитируют рост, развитие и урожай как функцию динамики системы почва–растение–атмосфера. Систему DSSAT используют для решения различных задач: от вопросов управления отдельной фермой до региональных оценок последствий для сельского хозяйства изменчивости и изменения климата уже свыше 20 лет в более чем 100 странах мира [38]. Использование подобной модели позволило бы осуществлять мониторинг и получать прогнозные оценки не только продуктивности, но и содержания гумуса, режима влажности для агроэкосистем Беларуси с необходимым уровнем

пространственной детальности. Применение системы DSSAT либо аналогичных систем моделирования способно существенно поднять общий уровень исследований в этой области в нашей стране. В целях овладения этим сложным исследовательским инструментом требуются средства для организации стажировок белорусских специалистов в соответствующих зарубежных научных центрах.

В заключение следует подчеркнуть, что вопросы адаптивной способности страны к изменениям климата как возможность своевременного обнаружения либо точного предсказания их воздействий для разработки эффективных мер по устранению (снижению) негативных и использо-

ванию позитивных последствий в климатозависимых отраслях экономики, например, сельском хозяйстве, становятся особенно актуальными при оптимальных режимах хозяйствования. Поскольку в условиях Беларуси до сих пор сохраняются значительные организационные и технологические резервы для их улучшения, интерес к этим вопросам, естественно, невелик. Именно это может быть одной из причин, объясняющих нынешнюю слабую заинтересованность Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, других министерств в разработке стратегий адаптации к изменениям климата в своих отраслях.

Литература

1. **Анисимов, О. А.** Неопределенность оценок изменений климата 20 и начала 21 веков по данным наблюдений на территории России / О. А. Анисимов, Е. Л. Жильцова [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://permafrost.su>. – Дата доступа : 02.09.2014.
2. **Аўчыннікава, Р.** Кайгародаў і яго лабараторыя / Р. Аўчыннікава. – Мінск, 2015.
3. **Биоклиматический потенциал России: теория и практика** / А. В. Гордеев [и др.]. – М., 2006.
4. **Государственная климатическая программа Республики Беларусь (Проект)** / В. Ф. Логинов, А. С. Сенько. – Минск, 2007.
5. **Государственная программа мер по смягчению последствий изменения климата на 2013–2020 годы** : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 21 июня 2013 г., № 510.
6. **Государственная программа устойчивого развития села на 2011–2015 гг.** – Минск, 2011.
7. **Грингоф, И. Г.** Основы сельскохозяйственной метеорологии / И. Г. Грингоф, А. Д. Клещенко. – Обнинск, 2011. – Том I : Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия.
8. **Груза, Г. В.** Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха / Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова. – Обнинск, 2012.
9. **Давыденко, О. В.** Агроклиматическое моделирование Беларуси в условиях изменения климата / О. В. Давыденко // Вестник БГУ. Сер. 2. – 2009. № 1. – С. 106–109.
10. **Изменение климата, 2014 г.** : Воздействия, адаптация и уязвимость – Резюме для политиков. Вклад Рабочей группы II в Пятый оценочный доклад МГЭИК. – Женева, 2014.
11. **Изменение климата, 2007 г.** : Обобщающий доклад / редакторы : Р. К. Пачаури, Э. Райзингер и основная группа авторов ; МГЭИК. – Женева, 2007.
12. **Кадыров, М. А.** Эффективное растениеводство как следствие оптимальной среды хозяйствования / М. А. Кадыров. – Минск, 2012.
13. **Кайгародаў, А. І.** Клімат БССР, Заходняй Беларусі і сумежных краін / А. І. Кайгародаў. – Менск, 1934. Т. 2.
14. **Коляда, В. В.** Агроклиматическая оценка продуктивности сельскохозяйственных культур в Беларуси // Природопользование. – Минск, 2014. Вып. 25. – С. 53–60.
15. **Коляда, В. В.** Биоклиматический потенциал Беларуси в сравнении со странами СНГ и ЕС / В. В. Коляда // Природопользование. – Минск, 2013. – Вып. 24. – С. 17–26.
16. **Коляда, В. В.** Связь климатических показателей с географическими координатами метеостанций в условиях Беларуси / В. В. Коляда // Природопользование. – Минск, 2012. – Вып. 21. – С. 40–51.
17. **Кукреш, Л. В.** Зарубежная практика в сельскохозяйственном производстве республики / Л. В. Кукреш // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграрн. навук. – 2010 – № 3. – С. 36–42.
18. **Кукреш, Л. В.** Потенциал растениеводства Беларуси и его реализация / Л. В. Кукреш // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграрн. навук. – 2008 – № 3. – С. 34–39.
19. **Логинов, В. Ф.** Тренды и паузы в изменении глобального климата в различные сезоны года / В. Ф. Логинов, В. С. Микуцкий, Ю. А. Бровка // Природопользование. – Минск, 2014. – Вып. 25. – С. 5–15.
20. **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.
21. **Логинов, В. Ф.** Пространственное смещение границ климатических областей за последний полувековой период / В. Ф. Логинов, Т. Г. Табальчук // Природопользование. – Минск, 2014. – Вып. 25. – С. 47–51.

22. **Мельник, В. И.** Влияние изменения климата на агроклиматические ресурсы и продуктивность основных сельскохозяйственных культур Беларуси : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / В. И. Мельник. – Минск, 2004.
23. **Обухов, В. М.** Урожайность и метеорологические факторы / В. М. Обухов. – М., 1949.
24. **Пасов, В. М.** Изменчивость урожаев и показатели ожидаемой продуктивности зерновых культур / В. М. Пасов. – Л., 1986.
25. **Правила** составления справочника по агроклиматическим ресурсам : ТКП 17-10-36-2011(02120). – Минск : Минприроды Респ. Беларусь, 2011.
26. **Проблемы** гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата. – Минск, 2015.
27. **Пятое** национальное сообщение Республики Беларусь в соответствии с обязательствами по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата. – Минск, 2009.
28. **Сводное** ежегодное сообщение о состоянии и изменении климата на территориях государств – участников СНГ за 2012 год. – М., 2013.
29. **Состояние** природной среды. Экологический бюллетень 2011 год / под. ред. В. Ф. Логинова. – Минск, 2012.
30. **Стратегия** адаптации лесного хозяйства Республики Беларусь к изменению климата на период до 2050 года. – Минск, 2011.
31. **Тарасевич, Г.** Находится ли Беларусь в зоне рискованного земледелия / Г. Тарасевич // Народная газета. – 2001. – 22 лют.
32. **Урупин, А.** Некоторые вопросы сельскохозяйственного страхования / А. Урупин // Страхование в Беларуси. – 2008. – №1. – С. 13–16.
33. **Численный** мониторинг как метод исследования коэволюции климата, почв и агросферы на протяжении XX и XXI столетий / О. Д. Сиротенко и [др.] // Труды регионального конкурса научных проектов в области естественных наук. – Калуга, 2011. – Вып. 16. – С. 211–215.
34. **Шашко, Д. И.** Агроклиматические ресурсы СССР / Д. И. Шашко. – Л., 1985.
35. **Шестое** национальное сообщение Республики Беларусь об изменении климата. – Минск, 2013.
36. **Шкляр, А. Х.** Климатические ресурсы Белоруссии и использование их в сельском хозяйстве / А. Х. Шкляр. – Минск, 1973.
37. **Domonkos P.** Homogenising time series: beliefs, dogmas and facts [Electronic resource] / P. Domonkos // Adv. Sci. Res. – 2011. – Vol. 6. – P. 167–172. – Mode of access : www.adv-sci-res.net/6/167/2011/. – Data of access : 28.01.2014.
38. **The DSSAT** cropping system model / J. W. Jones [et al.] // Europ. J. Agronomy. – 2003. – Vol. 18. – P. 235–265.
39. **What** drives national adaptation? A global assessment / L. Berrang-Ford [et al.] // Climatic Change – 2014. – Vol. 124. – P. 441–450.

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Поступила в редакцию 07.10. 2015 г.

В. Ф. Логинов, В. В. Коляда

ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ АДАПТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА

Проблема изменения климата представляют собой передовую область междисциплинарных знаний, активное неформальное участие в разработке которой Республики Беларусь должно способствовать повышению уровня ее исследований в весьма широком спектре естественнонаучных и технических дисциплин, а также преодолению технологической отсталости в различных отраслях экономики.

Наиболее актуальным аспектом данной проблемы в условиях Беларуси является выявление и прогноз изменений климата на ее территории и оценка их последствий, как основы для разработки адекватных мер по адаптации к этим изменениям для уязвимых секторов экономики и регионов страны.

В настоящее время Беларусь характеризуется недостаточной адаптивной способностью к изменениям климата, что обусловлено отсутствием здесь таких условий как четкий законодательный статус, научно-исследовательские центры и программы, развитая система подготовки квалифицированных кадров. Это свидетельствует о недостаточном понимании на самом высоком уровне всей важности данной проблемы для устойчивого социально-экономического развития страны в настоящее время и на перспективу.

Важнейшим условием для повышения адаптивной способности Беларуси помимо указанных мер является организация полноценного мониторинга изменений климата, сочетающего инструментальные и численные методы при оценке их последствий в наиболее уязвимых отраслях экономики. Важным инструментом для мониторинга изменений климата и оценки последствий является использование систем моделирования. Предварительным условием для проведения мониторинга изменений климата является гомогенизация временных рядов наблюдений.

Нынешняя неудовлетворительное состояние адаптивной способности Республики Беларусь к изменениям климата является косвенным свидетельством наличия существенных организационных и технологических резервов для повышения эффективности функционирования климатозависимых отраслей экономики.

V. F. Loginov, V. V. Kalyada

**PROBLEMS OF INCREASING OF ADAPTIVE CAPACITY
OF THE REPUBLIC OF BELARUS TO CLIMATE CHANGE**

The problem of climate change represents an advanced area of interdisciplinary knowledge, an active informal participation in the development of which the Republic of Belarus should contribute to raising the level of its research into a very wide range of natural sciences and engineering disciplines as well as overcoming the technological backwardness in various industries of economy.

The most relevant aspect of this problem in the case of Belarus is the identification and prediction of climate change on its territory and assessment of their impact, as a basis for developing adequate measures to adapt to these changes for vulnerable sectors and regions of the country.

Currently, Belarus is characterized by a lack of adaptive capacity to climate change due to the absence of such conditions as a clear legal status, research centers and programs, developed system of training of qualified personnel. This shows a lack of understanding at the highest level of the importance of this issue for the sustainable socio-economic development of the country at present and in the future.

The most important condition to enhance the adaptive capacity of Belarus in addition to these measures is the organization of comprehensive monitoring of climate change, combining instrumental and numerical methods in the evaluation of their impact in the most vulnerable sectors of the economy. An important tool for climate change monitoring and the impact assessment is the use of simulation systems. Preliminary condition for climate change monitoring is the homogenization of time series observations.

The current unsatisfactory state of adaptive capacity of the Republic of Belarus to climate change is the indirect evidence of significant organizational and technological reserves to improve functioning of climate-sensitive sectors of the economy.

УДК 504.7

Д. В. Мелех, И. П. Наркевич**НАЦИОНАЛЬНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ И ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ РАСЧЕТОВ ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В СЕКТОРЕ «ЭНЕРГЕТИКА»**

В соответствии с целью исследования были проанализированы имеющиеся в Республике Беларусь литературные источники и другие материалы для определения национальных показателей и коэффициентов выбросов парниковых газов. Пересчитаны выбросы в секторе «Энергетика» за весь временной ряд (1990–2013 годы), согласно Руководящим принципам национальных инвентаризаций парниковых газов Межправительственной группы экспертов по изменению климата 2006 г. и с использованием национальных коэффициентов.

В настоящее время при подготовке кадастров парниковых газов (ПГ) значения используемых показателей и коэффициентов для расчетов выбросов ПГ принимаются, согласно Пересмотренным Руководящим принципам проведения национальных инвентаризаций ПГ 1996 г. Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [1]. Эти показатели – усредненные, и не учитывают конкретные характеристики топливно-энергетических ресурсов в Беларуси, такие, например, как содержание углерода в топливе и реальную низшую теплоту сгорания того или иного вида топлива.

В соответствии с Руководством по эффективной практике и анализу неопределенности в национальной инвентаризации ПГ МГЭИК [2], странам рекомендуется постепенно переходить на более высокий уровень методологии при расчетах выбросов и поглощения ПГ для ключевых категорий. Это предполагает использование дезагрегированных исходных данных и национальных показателей и коэффициентов эмиссий (КЭ) для всех секторов кадастра ПГ.

Цели исследования проанализировать имеющиеся в Республике литературные источники и другие материалы для определения национальных показателей и коэффициентов выбросов ПГ; рассчитать выбросы ПГ за 1990–2013 гг. в секторе «Энергетика» с использованием Руководящих принципов национальных инвентаризаций ПГ МГЭИК 2006 г. [3], предложенных национальных показателей и коэффициентов эмиссий.

«Энергетика» является определяющим сектором экономики, оказывающим самое значительное влияние на выбросы ПГ в стране. На него приходится более 90 % выбросов CO₂ и 60 % от общего объема выбросов ПГ. Именно поэтому этот сектор был выбран в качестве объекта исследования. На CO₂ приходится до 95 % выбросов в энергетическом секторе, вместе с метаном и закисью азота на стационарное сжигание обычно приходится около 70 % выбросов ПГ в энергетическом секторе.

Примерно половина этих выбросов связана со сжиганием в энергетических отраслях, в основном на электростанциях и нефтеперерабатывающих заводах.

В кадастре ПГ сектор «Энергетика» состоит из следующих категорий источников: Стационарное сжигание топлива, Мобильное сжигание топлива и Летучие выбросы, которые представляют собой случайные или намеренные высвобождения ПГ происходящие при добыче, обработке и доставке ископаемых видов топлива до места конечного использования. Некоторые категории источников выбросов являются ключевыми, для которых необходимо уточнить или разработать национальные КЭ или показатели, используемые для расчетов выбросов ПГ.

До настоящего времени в Беларуси не проводилось целенаправленных исследований по определению национальных коэффициентов выбросов диоксида углерода в секторе «Энергетика». Однако имеется ряд нормативных документов, в которых приводятся значения низшей теплоты сгорания и элементарный состав топлива. На основании анализа этих данных были разработаны национальные показатели и коэффициенты для расчета выбросов CO₂.

Первым этапом расчета выбросов ПГ в секторе «Энергетика» является оценка очевидного потребления топлива внутри страны. Для этого требуются данные о балансе снабжения первичным и вторичным топливом (произведенное, импортированное и экспортированное топливо, использованное в международном транспорте (бункерное топливо), хранящееся и извлеченное из хранилищ). Таким образом, углеродное сырье попадает в страну благодаря производству энергии и импорту (с коррекцией баланса хранения), углеродное сырье покидает страну благодаря экспорту и международному бункерному топливу. Для того, чтобы избежать двойного учета, важно проводить различие между первичным топливом, т. е. топливом, имеющимся в природе, (таким, как уголь, сырая нефть, природ-

ный газ) и вторичным топливом, т. е. топливной продукцией (такой, как бензин и смазочные материалы, полученные из первичного топлива).

Очевидное потребление первичного топлива рассчитывается следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{Очевидное потребление} = & \text{Производство} + \\ & + \text{Импорт} - \text{Экспорт} - \text{Международный бункер} - \\ & - \text{Изменение запасов.} \end{aligned} \quad (1)$$

Источником исходной информации для расчетов выбросов ПГ являются данные Национального статистического комитета Республики Беларусь (данные о балансе снабжения первичным и вторичным топливом), Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, Департамента по энергоэффективности и Концерну «Белнефтехим».

Для дальнейших расчетов очевидное потребление должно быть преобразовано в общие единицы измерения энергии – тераджоули на основе низшей теплотворной способности (НТС). Руководящие принципы содержат базовые значения НТС (по умолчанию), однако при наличии национальных коэффициентов предпочтительнее использовать именно их.

Анализ нормативно-справочной информации по величинам НТС топлив и их элементарного состава показал, что для топлив при расчете выбросов диоксида углерода в Беларуси доступны национальные данные (табл. 1).

Поскольку содержание углерода варьирует в зависимости от типа топлива, для расчетов необходимо использовать данные по отдельным категориям топлива и типам продуктов. Руководящие принципы 2006 г. также содержат значения содержания углерода по умолчанию, однако их предлагается использовать только в том случае, если недоступны значения для конкретной страны. В Беларуси для некоторых видов топлива содержание углерода определяется национальным документом ТКП 17.8-01–2006 (02120) Порядок определения выбросов при сжигании топлива в котлах теплопроизводительностью до 25 МВт [4]. Ниже приведена таблица коэффициентов содержания углерода, выбранных для проведения расчетов выбросов (табл. 2).

Небольшая часть топливного углерода при сгорании не подвергается окислению, но позже, поступив в атмосферу, большая часть этого углерода окисляется. Предполагается, что тот углерод, который остается неокисленным (например, в виде сажи или золы), сохраняется в течение неопределенного срока. Если отсутствует информация по конкретной стране, следует использовать значение по умолчанию, равное 1 (полное окисление).

Таблица 1. НТС различных видов топлива, используемых в Республике Беларусь

Вид топлива	Низшая теплотворная способность топлива, НТС _{топл.} , ГДж/т
<i>Твердые топлива</i>	
Уголь	11,9
Торф топливный	7,8–12,5
Брикеты топливные (при условной влажности 16%)	16,59–17,37
Кокс	28,2
<i>Жидкие топлива</i>	
Нефть, включая газовый конденсат	42,3
Мазут топочный	39,64–40,48
Топливо дизельное	42,44–42,71
Топливо печное бытовое	41,25–42,35
Бензин автомобильный	44,3
Керосин осветительный	43,8
Топливо для реактивных двигателей (керосин авиационный)	44,1
Газ сжиженный	44,2
Смесь нефтяных отходов	40,2
<i>Газообразные топлива</i>	
Газ природный	49,16
Газ попутный	39,06
Сухой газ нефтепереработки	49,5
<i>Биомасса</i>	
Древесина/древесные отходы	15,6

Таблица 2. Национальные и МГЭИК коэффициенты, используемые при расчетах выбросов от сжигания различных видов топлива

Вид топлива	Национальные коэффициенты, кг С/ГДж	МГЭИК коэффициенты, кг С/ГДж
<i>Твердые топлива</i>		
Уголь	–	27,6
Торф топливный	–	28,9
Брикеты топливные (при условной влажности 16 %)	27,1	–
Кокс	–	29,2
<i>Жидкие топлива</i>		
Нефть, включая газовый конденсат	–	20,0
Мазут топочный	20,8–21,3	–
Топливо дизельное	19,5–19,6	–
Топливо печное бытовое	19,9–20,4	–
Бензин автомобильный	–	18,9
Керосин осветительный	–	19,6
Топливо для реактивных двигателей (керосин авиационный)	–	19,5
Газ сжиженный	–	17,2
Смесь нефтяных отходов	–	20,0
<i>Газообразные топлива</i>		
Газ природный	15,138	–
Газ попутный	19,16	–
Сухой газ нефтепереработки	–	15,7
Древесина/древесные отходы	–	30,5

Окончательный расчет производится по формуле [5]

$$\text{Выбросы } \text{CO}_2 = \sum_{\text{все топлива}} ((\text{Очевидное потребление}_{\text{топливо}} \cdot \text{Коэффициент преобразования}_{\text{топливо}} \cdot \text{СС}_{\text{топливо}}) \cdot 10^{-3} - \text{Исключенный углерод}_{\text{топливо}}) \cdot \text{КОУ}_{\text{топливо}} \cdot \frac{44}{12}, \quad (2)$$

где *Выбросы CO₂* – Выбросы CO₂ (Гг CO₂); *Очевидное потребление_{топливо}* – формула (1); *Коэффициент преобразования_{топливо}* – переводной коэффициент топлива в энергетические единицы (ТДж) на основании низшей теплотворной способности; *СС_{топливо}* – содержание углерода (тонна С/ТДж). Заметим, что тонна С/ТДж равна килограмму С/ГДж; *Исключенный углерод_{топливо}* – углерод, содержащийся в сырье, и используемый в неэнергетических целях, исключенный из выбросов от сжигания топлива (Гг С); *КОУ_{топливо}* – доля окисленного углерода. Обычно значение равно 1, что соответствует полному окислению. Меньшие значения используют только для учета незначительного количества углерода, оставшегося в золе или саже; 44/12 – соотношение молекулярного веса CO₂/С.

С использованием вышеприведенных коэффициентов и формул были перерасчитаны выбросы в секторе «Энергетика» за весь временной ряд (1990–2013 г.). Ниже приведена сравнительная таблица для базового подхода (табл. 3), где под суммарными выбросами подразумеваются выбросы всех ПГ от всех категорий сектора «Энергетика», показанные в эквиваленте CO₂ и рассчитанные по базовому подходу с использованием коэффициентов по умолчанию (методология уровня 1).

Анализ тренда (см. табл. 3) показывает, что расчет по новой методологии не повлиял на общую динамику выбросов, однако изменилось количественное выражение. Это объясняется изменением коэффициентов, используемых при расчетах: как национальных, так и коэффициентов МГЭИК по умолчанию. Самое значительное влияние оказало обновление НТС природного газа – выбросы от его сжигания составляют более 60 % в секторе, поэтому изменение НТС с 33,7 на 49,16 ГДж/т (рост – 45 %) привел к увеличению выбросов по сектору в среднем на 18,8 %. Однако в начале 1990-х годов влияние изменившегося коэффициента не так заметно, как в конце временного ряда. Это объясняется структурой потребления топлива: массовое использование природного газа для тепло- и электроснабжения началось лишь с середины 1990-х годов, что и привело к увеличению доли природного газа в энергетическом балансе республики.

Таблица 3. Сравнение суммарных выбросов по сектору «Энергетика»

Год	Суммарные выбросы, Гг CO ₂	Рекалькуляция, Гг CO ₂	Изменение, %
1990	133 507,60	146 486,20	8,86
1991	130 250,95	141 539,21	7,98
1992	105 709,19	121 041,37	12,67
1993	87 451,82	101 687,28	14,00
1994	73 962,76	86 256,34	14,25
1995	66 841,79	78 446,15	14,79
1996	67 734,79	79 965,48	15,29
1997	66 237,91	80 153,92	17,36
1998	63 291,36	76 939,90	17,74
1999	61 070,39	75 179,25	18,77
2000	53 088,69	67 489,33	21,34
2001	50 306,46	64 903,31	22,49
2002	52 517,22	67 378,18	22,06
2003	53 215,72	68 683,73	22,52
2004	56 601,29	73 378,15	22,86
2005	57 133,04	74 243,61	23,05
2006	60 786,53	78 209,01	22,28
2007	58 200,81	75 725,58	23,14
2008	58 928,31	76 796,85	23,27
2009	59 316,01	74 154,33	20,01
2010	53 994,54	72 325,07	25,34
2011	61 100,08	78 455,47	22,12
2012	67 652,44	84 758,82	20,18
2013	58 645,29	72 674,47	19,30

Расчет выбросов в разбивке по газам показал, что в целом суммарные выбросы CH₄ и N₂O по сектору не изменились, так как используемые для расчетов коэффициенты выбросов из Руководящих принципов МГЭИК 1996 г. не претерпели изменения в новой редакции 2006 г. Изменилось лишь количество CO₂ по уже упомянутым причинам. Ниже приведена сравнительная таблица выбросов в разбивке по газам до и после пересчета (табл. 4).

Изменения также коснулись и структуры выбросов ПГ по категориям сектора «Энергетика», наибольшее увеличение выбросов произошло в энергетической промышленности и в подсекторах, где происходит получение тепла для внутреннего использования на промышленных предприятиях и в строительных организациях. Это также объясняется значительной долей сжигаемого природного газа для производства электроэнергии и тепла и соответствующим изменением коэффициента НТС, приведшего к росту величины выбросов.

Таблица 4. Динамика выбросов основных ПГ в секторе «Энергетика», Гг CO₂ экв.

Год	CO ₂	Пересчет CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1990	100 217,03	100 236,87	1 784,83	240,95
1991	93 995,10	94 041,93	1 567,63	219,65
1992	86 790,87	86 846,97	1 932,36	184,63
1993	74 584,82	74 547,76	1 796,47	158,3
1994	62 520,32	62 565,04	1 634,48	135,35
1995	55 583,89	55 633,73	1 551,53	124,1
1996	56 439,42	56 462,27	1 660,55	125,47
1997	57 596,26	57 662,53	1 800,13	126,46
1998	55 447,55	55 447,55	1 740,87	127,05
1999	52 711,24	52 777,51	1 706,28	119,7
2000	50 758,78	50 758,78	1 810,06	115,23
2001	49 831,41	49 825,09	1 804,79	113,64
2002	49 762,95	49 762,95	1 799,74	111,29
2003	49 890,39	49 936,43	1 852,10	109,96
2004	53 086,17	53 130,98	1 941,72	113,34
2005	53 258,18	53 172,55	1 933,33	120,02
2006	55 496,99	55 558,01	2 037,06	129,61
2007	54 511,07	54 558,99	2 197,27	126,97
2008	56 453,41	56 449,89	2 079,87	126,22
2009	52 918,12	52 888,42	1 786,06	128,42
2010	54 279,33	54 279,33	2 038,51	123,75
2011	51 315,46	51 285,76	1 941,43	123,52
2012	53 329,31	53 329,31	1 912,16	129,3
2013	56 100,37	56 147,89	1 913,60	134,61
Тренд 1990–2013, %	– 44,02	– 44,00	7,21	– 44,13

Мобильное сжигание топлива. К категории «Мобильное сжигание топлива» относятся выбросы ПГ, образующиеся при сжигании и испарении топлив всеми транспортными средствами, за исключением тех видов транспорта, которые определяются как мобильные источники в подсекторе «Сельское хозяйство, лесоводство и рыболовство» и других подсекторах. Фундаментальные методологии для оценки выбросов ПГ от дорожного транспорта не изменились с момента публикации Руководящих принципов МГЭИК 1996 г. и Руководящих указаний МГЭИК по эффективной практике 2000 г., исключая то, что коэффициенты выбросов теперь допускают полное окисление топлива. Это необходимо для соответствия расчетам выбросов в секторе стационарного сжигания топлива.

В 2013 г. выбросы от этой категории заняли четвертое место в секторе «Энергетика» и составили 9054,32 Гг в CO₂ эквиваленте, или 12,5 % от выбросов по сектору.

Выбросы CO₂ лучше всего определять на основе количества и вида сожженного топлива, которое считается равным количеству проданного топлива, и содержания в нем углерода. Данные о реализованном топливе обычно публикуют в ежегодном топливно-энергетическом балансе Беларуси.

Выбросы CH₄ и N₂O гораздо сложнее точно оценить, чем выбросы CO₂, потому что

коэффициенты выбросов зависят от технологии, используемой транспортным средством, вида топлива и эксплуатационных характеристик. Три альтернативных подхода могут использоваться для оценки выбросов CH₄ и N₂O от дорожных транспортных средств. Первый основан на пройденном транспортным средством расстоянии (ПТР), а второй – на проданном топливе, третий – требует детальных, зависящих от страны данных, для получения основанных на деятельности коэффициентов выбросов для подкатегорий транспортных средств и может использовать национальные модели. В настоящее время для оценки выбросов CH₄ и N₂O в Беларуси используется подход, основанный на продажах топлива.

Традиционно первое место занимают выбросы от автодорожного транспорта – 71,4 %, выбросы от железнодорожных перевозок составляют 14,8 %, от транспортировки природного газа – 13,3 %. Обращает на себя внимание динамика тренда выбросов от трубопроводного транспорта (рис. 2).

Такая динамика объясняется уменьшением количества транспортируемого газа через территорию Республики Беларусь в 2009–2012 гг. и последующим увеличением прокачки в 2013 г. в связи с выкупом Российской Федерацией белорусской части газопровода Ямал–Европа (белорусское название – «Дружба»).



Рис. 2. Тренд выбросов от трубопроводного транспорта (пересчет, Гг CO₂)

Выводы. На основании проведенной работы можно сделать следующее заключение:

рассмотрены методологические подходы при расчетах выбросов ПГ согласно Руководящим принципам национальных инвентаризаций ПГ МГЭИК 2006 г.;

предложены национальные коэффициенты НТС различных видов топлива и содержание углерода в них;

пересчитаны выбросы ПГ в секторе «Энергетика» за весь временной ряд 1990-2013 годы согласно Руководящим принципам национальных инвентаризаций ПГ МГЭИК 2006 г. и с использованием национальных коэффициентов.

Так как разработка национальных коэффициентов – длительный и сложный процесс, то на данном этапе на основании документальных данных были уточнены и предложены коэффициенты только для расчетов выбросов CO₂. В

дальнейшем необходимо провести соответствующие исследования и разработать коэффициенты и показатели для других ПГ в этом секторе. Эта работа должна выполняться с привлечением специализированных лабораторий, с предоставлением возможности выполнять выездные (полевые) исследования.

Результаты исследований будут использованы при проведении инвентаризации ПГ в секторе «Энергетика» и подготовке национальных докладов о кадастре ПГ и Национальных сообщений Республики Беларусь.

Настоящая работа вносит значительный вклад в разработку коэффициентов эмиссий ПГ в секторе «Энергетика» и в повышение качества подготавливаемых кадастров ПГ Республики Беларусь, представляемых в Секретариат Рамочной конвенции об изменении климата Организации объединенных наций и Киотского протокола.

Литература

1. **Пересмотренные** руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. – МГЭИК, 1996.
2. **Руководство** по эффективной практике и анализу неопределенности в национальной инвентаризации парниковых газов. – МГЭИК, 2001.
3. **Руководящие** принципы проведения национальных инвентаризаций парниковых газов. – МГЭИК, 2006.
4. **Охрана** окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Порядок определения выбросов при сжигании топлива в котлах теплопроизводительностью до 25 МВт: ТКП 17.08-01-2006. – Введ. 01.05.2006. – Минск : РУП «Бел НИЦ «Экология», 2006.
5. **Руководящие** принципы проведения национальных инвентаризаций парниковых газов. – МГЭИК, 2006.

РУП «Бел НИЦ «Экология», Минск, Беларусь

Поступила в редакцию 10.06.2015 г.

Д. В. Мелех, И. П. Наркевич

**НАЦИОНАЛЬНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ И ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ РАСЧЕТОВ
ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В СЕКТОРЕ «ЭНЕРГЕТИКА»**

Обоснована необходимость определения национальных коэффициентов эмиссий именно диоксида углерода в секторе «Энергетика» как основного парникового газа (ПГ) в ключевом секторе. Рассмотрены методологические подходы при расчетах выбросов ПГ, согласно Руководящим принципам национальных инвентаризаций ПГ Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). Предложены национальные коэффициенты низшей теплотворной способности различных видов топлива и содержание углерода в них. Пересчитаны выбросы в секторе «Энергетика» за весь временной ряд (1990–2013 г.), согласно Руководящим принципам национальных инвентаризаций ПГ МГЭИК 2006 г. и с использованием национальных коэффициентов.

Расчет по новой методологии не повлиял на общую динамику выбросов, однако изменилось количественное выражение. Это объясняется изменением коэффициентов, используемых при расчетах, самое значительное влияние оказало обновление низшей теплотворной способности природного газа – выбросы от его сжигания составляют более 60 % в секторе, поэтому изменение низшей теплотворной способности с 33,7 на 49,16 ГДж/т (рост – 45 %) привел к увеличению выбросов по сектору в среднем на 18,8 %. Результаты исследований будут использованы при проведении инвентаризации ПГ в секторе «Энергетика» Республики Беларусь, что позволит повысить качество отчетности, представляемой в Секретариат Рамочной конвенции Организации объединенных наций об изменении климата.

D. V. Melekh, I. P. Narkevitch

**THE NATIONAL COEFFICIENTS AND INDICATORS FOR THE CALCULATION
OF CARBON DIOXIDE EMISSIONS IN «ENERGY» SECTOR**

The necessity for determine of national coefficients of emissions, in particular, for carbon dioxide in «Energy» sector as the main greenhouse gas (GG) in key sector is justified. The methodological approaches were considered for the calculation of GG emissions according to the Guidelines for National GG Inventories of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). National coefficients of the lower calorific value of various fuels and the carbon content in them are proposed. Emissions in «Energy» sector are recalculated for the entire time series of 1990–2013 according to the Guidelines for National GHG Inventories IPCC 2006 and using national-coefficients.

The calculations under the new methodology have not affected the total dynamics of emissions; however, quantitative expression has changed. This is due to the change in parameters used in the calculations, and the most significant impact was due to updating of net calorific value for natural gas which contributed more than 60 % of emissions from fuel combustion in the sector, therefore its change of net calorific value from 33,7 to 49,16 GJ/t (growth – 45 %) is resulted in an increase in emissions from the sector by an average of 18,8 %. The research results will be used for GHG inventory in «Energy» sector of the Republic of Belarus, which will improve the quality of reports submitted to the Secretariat of the United Nations.

УДК 550.42 (476)

А. В. Матвеев, М. И. Автушко, Л. А. Нечипоренко**КОНЦЕНТРАЦИЯ «МЕСТНОГО» (ГРУНТОВОГО) РАДОНА
В ПРИПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ МОРЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕЛАРУСИ**

По результатам исследований образцов, отобранных в различных районах Беларуси, установлено, что объемная активность «местного» (грунтового) радона в почвенном поровом воздухе моренных отложений варьирует в интервале от 7800 Бк/м³ до 26 900 Бк/м³ при среднем значении 13 900 Бк/м³. Показано, что площади распространения наиболее глинистых разностей морен могут рассматриваться как относительно радоноопасные.

Радонометрические исследования широко используются в мировой геологической практике. В результате этих работ установлено, что повышенные концентрации радона в поровом (почвенном) воздухе и подземных водах связаны с нефтяными месторождениями, определенными интрузивными телами, залежами радиоактивных пород, активными геодинамическими зонами и т. д. Кроме того, общепризнанно, что облучение от радона и дочерних продуктов его распада (ДПР) – ²¹⁴Pb, ²¹⁴Bi, ²¹⁰Pb, ²¹⁰Bi, ²¹⁰Po, ²¹⁰Po и др. – составляет не менее половины дозы, получаемой среднестатистическим жителем Земли от всех источников ионизирующего излучения. Это свидетельствует о важности и актуальности для любого региона выявления радоновых аномалий и оценки их влияния на различные сферы хозяйственной деятельности и экологическую обстановку.

Радон и его ДПР достаточно широко изучаются и в Беларуси. Проводятся замеры объемной активности газа в жилых помещениях, почвах, подземных водах для решения геологических и экологических проблем. Эти исследования выполняются в организациях Национальной академии наук (О. И. Ярошевич, А. К. Карабанов, А. В. Кудельский, А. В. Матвеев, Л. Л. Василевский, И. В. Жук и др.), Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды (Я. Г. Грибик, А. П. Стародубова, А. П. Иваненко, А. В. Гаврилов, А. В. Беяшов, М. Ю. Калинин и др.), Минздрава (И. В. Залуцкий, Ю. И. Аверин, Л. А. Чунихин, Д. Н. Дроздов, С. А. Мацкевич, Л. В. Липницкий и др.), Института радиологии Министерства по чрезвычайным ситуациям (М. И. Автушко, К. Н. Буздалкин, Ю. М. Жученко, Л. В. Жукова и др.) и др.

Проведенными работами установлено формирование радоновых аномалий в зонах некоторых разломов, показаны возможности использования радонометрических измерений при прогнозировании нефтяных залежей, выявлении трубок взрыва. Собраны значительные данные по концентрациям радона в жилых помещениях ряда районов Гродненской, Могилевской и Гомельской областей, которые свидетельствуют,

что иногда (от 5 до 15 %, единично до 33 %) в обследованных зданиях объемная активность радона превышает 200 Бк/м³ [12], а его концентрация в почвенном воздухе варьирует в интервале от 1000 до 70 000 Бк/м³ и более [1, 2, 7, 8]. Последний показатель формируется за счет поступлений из более глубокозалегающих горизонтов и так называемого местного (грунтового) радона, который продуцируется непосредственно в приповерхностных отложениях и доля которого в общей объемной активности рассматриваемого газа в почвенном воздухе составляет до 50 %. Следовательно, концентрация образующегося непосредственно в приповерхностном слое отложений радона может достигать значений, которые по оценкам Инспекции Госатомнадзора Российской Федерации рассматриваются как относительно радоноопасные [5]*. Поэтому изучение распределения «местной» составляющей объемной активности радона является весьма актуальным, тем более, что М. И. Автушко с соавторами [9, 10] разработали методику, позволяющую достаточно оперативно проводить необходимые измерения.

Используя эту методику, начиная с 2013 г., в Институте природопользования НАН Беларуси осуществляются специальные исследования объемной активности «местного» (грунтового) радона в приповерхностном слое основных генетических типов четвертичных отложений. Работы выполняются по заданию «Разработать и внедрить схему районирования территории Беларуси по распределению радоновых аномалий в почвенном воздухе, методические рекомендации по использованию радонометрических данных для решения геологических и геоэкологических задач» Государственной научно-технической программы «Природные ресурсы и окружающая среда, 2011–2015 годы».

*По приведенным в [5] данным, отложения с объемной активностью радона до 10 000 Бк/м³ являются радонобезопасными, 10 000–50 000 Бк/м³ – относительно радоноопасными и свыше 50 000 Бк/м³ – радоноопасными.

Среди четвертичных отложений к числу наиболее распространенных относятся моренные супеси, суглинки и глины. Результаты изучения концентраций радона в верхнем слое этих отложений и рассматриваются в предлагаемой публикации.

Моренные отложения распространены на территории Беларуси практически повсеместно. Исключение составляет только крайняя южная часть региона (южнее русла Припяти), где эти отложения встречаются в единичных разрезах [3]. На долю морен разного возраста приходится около 50 % всего объема четвертичной толщи. Их выходы на земную поверхность занимают около 20 % площади региона [11]. Характеризуемые отложения представляют собой бурые, красно-бурые, красно-коричневые, серые и зеленовато-серые валунные супеси и суглинки, реже – глины. Довольно часто в морену включены отторженцы известняков, доломитов, глин, мергельно-меловых и других пород, которые могут иметь мощность в десятки метров и проследиваться на расстояние до нескольких километров.

В гранулометрическом составе морен на фракцию крупнее 1,0 мм приходится от 0 до 46,9 % (среднее – 6,9 %), на фракцию 1,0–0,5 мм – 0,10–18,2 (4,0), на фракцию 0,5–0,25 мм – 0,4–27,7 (8,7), на фракцию 0,25–0,10 мм – 0,2–49,2 (17,6), на фракцию 0,10–0,05 мм – 2,9–47,2 (19,0), на фракцию 0,05–0,01 мм – 5,5–56,0

(19,2), на фракцию менее 0,01 мм – 2,5–83,5 % (24,6 %) [6].

По минерально-петрографическому составу четко различаются три группы обломков и зерен: гравийно-галечно-валунная, песчано-алевритовая и глинистая. Среди гравийно-галечно-валунных обломков преобладают граниты (10–80 %), гнейсы (8–75 %), известняки и доломиты (5–70 %), кварц (0–30 %), полевые шпаты (0–20 %), в меньших количествах представлены кварциты, амфиболиты, диориты, габбро и др.

В составе песчано-алевритовых частиц из легких минералов доминируют кварц (50–85 %), полевые шпаты (7–20 %), карбонаты (2–25 %), реже встречаются слюды, глауконит и др. Среди тяжелых минералов наиболее распространенными являются гранаты (9–18 %), амфиболы (13–30 %), ильменит и магнетит (13–30 %), лейкоксен (2–7 %), фосфаты (1–8 %), эпидот и цоизит (4–8 %), карбонаты (1–6 %), гидроксиды железа (1–9 %), сидерит (1–5 %). В глинистых фракциях абсолютно преобладают гидрослюда, в значительно меньших количествах установлены каолинит, монтмориллонит, хлорит, смешанно-слоистые образования, кварц, карбонаты и др. [6].

Изучение объемной активности радона в почвенном воздухе моренных отложений проводилось на двух ключевых участках (Подлеском и Грицевичском) и по отдельным образцам из других районов Беларуси (рис. 1).



Рис. 1. Схема отбора проб моренных отложений: 1, 2 – ключевые участки (Подлеский и Грицевичский); 3 – пункты отбора проб моренных отложений в других районах Беларуси

Подлесский ключевой участок расположен восточнее г. Барановичи и вытянут в восток – юго-восточном направлении примерно на 12 км. Залегающие на этой территории с поверхности моренные отложения сожского возраста на отдельных участках расчленены речными долинами. Мощность моренных валунных супесей и суглинков варьирует от 12 до 24 м. Ниже залегают еще два слоя морен днепровского и березинского оледенений мощностью по 10–15 м. Эти горизонты разделены флювиогляциальными песками. Суммарная мощность четвертичной толщи – 70–110 м. Подстилаются четвертичные образования песчаными палеоген-неогеновыми породами мощностью около 20–25 м, которые залегают на верхнемеловых мелах. Породы кристаллического фундамента вскрыты скважинами на абсолютных отметках 0...–12 м.

На площади ключевого участка с интервалом 0,6–1,6 км отобрано 9 проб, которые проанализированы в лабораторных условиях.

Грицевичский ключевой участок расположен к юго-востоку от г. Клецка и вытянут на 13 км в направлении северо-запад – юго-восток. На этой территории с поверхности преимущественно распространены сожские моренные отложения, кровля которых расчленена притоками р. Лань. В строении четвертичной толщи, имеющей мощность 80–90 м, основную роль играют моренные и флювиогляциальные отложения сожского и днепровского возраста, причем мощность сожской морены составляет 10–40 м, днепровской – 4–10, а разделяющих их флювиогляциальных толщ – 10–40 м. Четвертичные отложения подстилаются меловыми мелями мощностью 10–30 м, которые, в свою очередь залегают на девонских доломитах и глинах. Отметки поверхности фундамента по профилю исследований варьируют в диапазоне –800...1000 м. На территории ключевого участка отобрано и проанализировано 12 проб моренных отложений. Отбор проб проводили с интервалом 0,8–1,6 км.

Кроме охарактеризованных ключевых участков исследованы 22 пробы из других районов Беларуси. При выполнении анализов полу-

чены результаты, которые характеризуют содержание радона не только в поровом пространстве грунта, но и в грунтовом субстрате, т. е. в физически связанном состоянии [2]. Для установления концентраций газа непосредственно в почвенном воздухе лабораторные определения величин объемной активности газа уменьшались с учетом пористости моренных отложений, которая, по данным А. Н. Галкина и др. [4], варьирует в основном в интервале 25–35 % (реже до 45 %).

В результате подобной корректировки данных лабораторных анализов установлено, что объемная активность «местного» (грунтового) радона в почвенном воздухе моренных отложений на территории Подлесского ключевого участка колеблется в интервале от 8100 до 16 200 Бк/м³ (чаще всего 9100–13 300 Бк/м³) (рис. 2, а).

На территории Грицевичского ключевого участка объемная активность «местного» (грунтового) радона в почвенном воздухе характеризуемых отложений варьирует от 7800 до 26 900 Бк/м³ (чаще всего 13 100–24 400 Бк/м³) (рис. 2, б).

Примерно в таких же пределах изменяются величины объемной активности радона в приповерхностном слое моренных отложений и в других районах Беларуси (табл.). Таким образом, из полученных данных можно рассчитать, что средняя величина рассматриваемого показателя для территории региона составляет 13 900 Бк/м³, а наиболее характерными значениями являются 10 600–22 000 Бк/м³. В этот диапазон попадает около 75 % всех выполненных определений.

Отмеченные колебания объемной активности «местного» (грунтового) радона определяются в основном составом отложений (вариациями в содержании гранулометрических фракций, слагающих их минералов и горных пород).

С учетом возможного увеличения в 2 раза и более общей объемной активности радона за счет поступления из более глубоко залегающих горизонтов [1, 7] можно сделать вывод, что площади распространения наиболее глинистых разностей моренных отложений (суглинков и глин) могут считаться относительно радоноопасными.

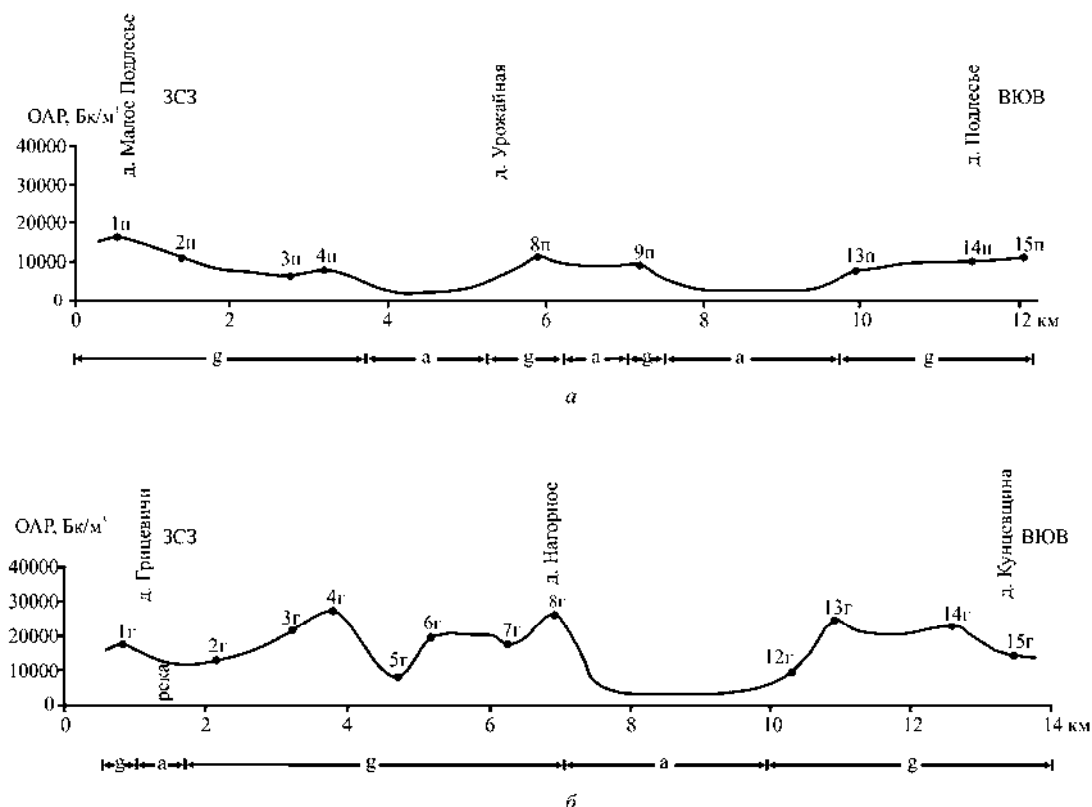


Рис. 2. Графики распределения объемной активности «местного» (грунтового) радона в почвенном (поровом) воздухе на территории Подлесского (а) и Гриצעвичского (б) ключевых участков; геологическими индексами отмечены участки распространения моренных (g), аллювиальных (a) отложений

Объемная активность «местного» (грунтового) радона в почвенном (поровом) воздухе моренных отложений (в Бк/м³)

№ п/п	Номер образца	Объемная активность «грунтового» радона
1.	4	12 700
2.	5	8900
3.	9	12 300
4.	15	9500
5.	18	13 100
6.	19	12 000
7.	26	12 400
8.	27	12 900
9.	28	16 500
10.	29	13 600
11.	32	10 600
12.	41	15 400
13.	Бр-5	17 800
14.	Бр-6	9800
15.	Л-1	12 800
16.	31с	8200
17.	32с	8200
18.	10в	16 200
19.	11в	14 700
20.	12в	13 000
21.	13в	16 600
22.	67в	17 600

№ п/п	Номер образца	Объемная активность «грунтового» радона
23.	1п	16 200
24.	2п	12 400
25.	3п	8300
26.	4п	8100
27.	8п	12 200
28.	9п	9100
29.	13п	9100
30.	14п	11 200
31.	15п	13 300
32.	1г	17 200
33.	2г	13 100
34.	3г	22 000
35.	4г	26 900
36.	5г	7900
37.	6г	18 300
38.	7г	17 000
39.	8г	24 400
40.	12г	7800
41.	13г	23 600
42.	14г	21 100
43.	15г	13 800

Литература

1. **Автушко, М. И.** Проявление линейных нарушений в концентрациях радона в покровных отложениях на территории Воложинского грабена / М. И. Автушко, А. В. Матвеев, Л. А. Нечипоренко // Доклады Акад. наук Беларуси. – 1996. – Т. 40, № 6. – С. 92–94.
2. **Автушко, М. И.** Концентрация радона в приповерхностных грунтах на территории Солигорского геодинамического полигона (Беларусь) / М. И. Автушко, А. В. Матвеев // Літасфера. – 2010. – № 2 (33). – С. 98–105.
3. **Четвертичная** система (квартер) / Ф. Ю. Величkevич [и др.] // Геология Беларуси. – Минск, 2001. – С. 325–386.
4. **Галкин, А. Н.** Инженерная геология Беларуси / А. Н. Галкин, А. В. Матвеев, В. Г. Жогло. – Витебск, 2006.
5. **Реализация** федеральной программы «Радон». 1997 г. Анализ достоверности проведенных измерений. Оценка радоноопасности территории / Н. А. Манаков [и др.] // АНРИ. – 1998. – № 4. – С. 8–18.
6. **Матвеев, А. В.** Ледниковая формация антропогена Белоруссии / А. В. Матвеев. – Минск, 1976.
7. Радон в природных и техногенных комплексах Беларуси / А. В. Матвеев [и др.] // Літасфера. – 1996. – № 5. – С. 151–161.
8. **Матвеев, А. В.** Геохимия четвертичных отложений Беларуси / А. В. Матвеев, В. Е. Бордон. – Минск, 2013.
9. **Способ** поиска аномалий радона глубинного происхождения : пат. № 987 ВУ. МКИ G01 V 5/02 / М. И. Автушко, К. Н. Буздалкин ; заявл. 03.06.1993 ; опубл. 20.03.1995.
10. **Способ** поиска аномалий радона глубинного происхождения: пат. № 6422 ВУ. МКИ 7 G01 V 5/00 / М. И. Автушко, В. Э. Ковдерко ; заявл. 15.08.2001 ; опубл. 30.09.2004.
11. **Чацвярцічная** адклады. М 1:1 250 000 // Нацыянальны атлас Беларусі. – Мінск, 2002. – С. 42–43.
12. **Исследование** по проблемам радона в Беларуси и других странах Европы / О. И. Ярошевич [и др.] // Вестник БРФФИ. – 2013. – № 4 (66). – С. 101–117.

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Поступила в редакцию 21.09.2015 г.

А. В. Матвеев, М. И. Автушко, Л. А. Нечипоренко

**КОНЦЕНТРАЦИЯ «МЕСТНОГО» (ГРУНТОВОГО) РАДОНА
В ПРИПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ МОРЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕЛАРУСИ**

На площади двух полигонов (Подлеском и Грицевичском) и по отдельным образцам из других районов республики выполнены радонометрические измерения объемной активности радона в поровом воздухе моренных отложений. В результате лабораторного анализа 43 проб установлено, что объемная активность «местного» (грунтового) радона варьирует в интервале от 7800 до 26 900 Бк/м³ при среднем значении 13 900 Бк/м³. Отмеченные колебания рассматриваемого показателя определяются в основном составом отложений (вариациями в содержании гранулометрических фракций, слагающих их минералов и горных пород). Максимальные значения концентраций газа приурочены к наиболее глинистым разностям морен. Участки распространения подобных отложений (суглинков и глин), с учетом возможного увеличения в 2 раза и более объемной активности радона за счет поступлений из подстилающих пород, могут рассматриваться как относительно радоноопасные.

A. V. Matveyev, M. I. Avtushko, L. A. Nechiporenko

**CONCENTRATION OF «LOCAL» (GROUND) RADON
IN PRESURFACE LAYER OF MORAIN DEPOSITS OF BELARUS**

The radon metric measurements of volumetric activity of radon in the pore air of moraine deposits have been made on the area of two polygons (Podlesk and Gritsevich) and by individual samples from other parts from the republic. The result of laboratory analysis of 43 samples has established that the volume activity of «local» (ground) radon varies in the range from 7800 to 26 900 Bq/m³ with a mean value of 13 900 Bq/m³. Marked fluctuations of this indicator are determined primarily by the composition of deposits (variations in the content of granulometric fractions, constituent of their minerals and rocks). The maximum values of gas concentrations are confined to the most clay differences of moraines. Lands of dissemination of such deposits (loam and clay), taking into account the possible increase to 2 times and more volume activity of radon from the proceeds from underlying rocks, can be considered as relatively radon hazardous.

УДК 550.4:551.3(476)

О. В. Лукашёв¹, Н. В. Жуковская¹, В. М. Натаров²,
Н. Г. Лукашёва¹, С. В. Савченко³

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВАХ БЕРЕЗИНСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Оценка среднего содержания химических элементов в пойменных почвах по данным опробований разных лет показала значительную вариабельность полученных значений. Различия в концентрациях составляют от 1,5 до 3,7 раза. Для ряда элементов (Ti, V, Cr, Ni, Pb) отмечаются фацialsные различия в их накоплении в ряду: пойменный наилок → прирусловая пойма → центральная пойма. Статистически значимые различия между фациями по среднему содержанию условно-подвижной формы нахождения элементов установлены только для Cd. Выделение ассоциаций химических элементов показывает, что в аллювиальных почвах имеет место объединение в одну ассоциацию большей части элементов, входивших в различные ассоциации элементов в донных отложениях.

В связи с важной ролью особо охраняемых природных территорий в системе глобального и местного мониторинга окружающей среды большое внимание уделяется изучению их почвенного покрова как одного из важнейших ландшафтных компонентов. Особый интерес в подобных исследованиях представляют пойменные (аллювиальные) почвы как один из наиболее информативных природных объектов. Последнее обусловлено их приуроченностью к гипсометрически пониженным участкам, что способствует аккумуляции загрязняющих веществ, поступающих с вышележащих территорий, а также разнообразию проявлений миграции химических элементов.

Геохимическому изучению ландшафтов Березинского биосферного заповедника посвящены работы [1, 7–11, 13]. Результаты первых комплексных геохимических исследований данной территории, проведенных в середине 1980-х гг., включающих изучение почв, представлены в работе [1]. В дальнейшем детальные педогеохимические исследования заповедника проводились в рамках фонового экологического мониторинга, что позволило получить данные о фоновом содержании ряда химических элементов в различных типах и разновидностях почв [8–11]. Детальное геохимическое изучение пойменных фаций р. Березины (конец 1990-х гг.) расширило представление о поведении микроэлементов в гумусовом горизонте пойменных почв [13].

Объекты и методы исследований. В качестве исходных данных использованы результаты двух этапов эколого-геохимического изучения территории заповедника, проводившегося при участии авторов в 1997–1998 и 2008–2010 гг. [7–10, 13].

Опробование поверхностного горизонта аллювиальных почв (0–20 см) осуществлялось вдоль по течению р. Березины (1997–1998 гг.), по

сети 2 × 2 км (2008–2010 гг.), а также на отдельных постоянных пунктах эколого-геохимического мониторинга и Южного геохимического профиля (2008–2010 гг.).

Анализ валового содержания микроэлементов (Be, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Y, Zr, Nb, Ba, Yb, Pb и др.) в почвах проводился методом эмиссионного спектрального анализа на приборе PGS-2 по методике [4]. Чувствительность определения элементов в золе (мг/кг): Be – 1, Ti – 1; V – 10; Cr – 5; Mn – 10; Fe – <1 000; Co – 2; Ni – 8; Cu – 1; Y – 10; Zr – 10; Nb – 5; Ba – 100; Yb – 1; Pb – 5.

Условно-подвижные формы нахождения Cr, Ni, Co, Cu, Zn, Cd, Pb в образцах почв определялись методом экстрагирования 1 М HCl с атомно-абсорбционным окончанием [5].

Статистическая обработка данных включала в себя оценку распределения переменных с помощью гистограмм, вероятностных графиков и критериев согласия (Колмогорова–Смирнова, Шапиро–Уилка), вычисление описательных статистик, непараметрический дисперсионный анализ Краскелла–Уоллиса, корреляционный, кластерный и факторный анализы [12].

Для приведения данных к нормальному закону распределения использовалось логарифмирование при логнормальном распределении и извлечение квадратного корня при γ -распределении. Подобные преобразования позволяют «нормализовать» выборки и использовать при анализе параметрические методы.

При выполнении кластерного анализа использовался иерархический агломеративный алгоритм. В качестве меры расстояния (сходства) – евклидово расстояние по стандартизированным данным. Классификация проводилась методом Уорда.

Факторный анализ выполнялся на основе корреляционной матрицы, методом главных ком-

понент с последующим варимакс-вращением. Как значимые рассматривались факторы с собственным значением, превышающим 1. Статистический анализ осуществлялся с использованием программных пакетов Statistica 6, SPSS 16.

Обсуждение результатов исследований.

Оценка среднего содержания химических элементов в пойменных почвах по данным опробований разных лет показала значительную вариативность приводимых показателей (табл. 1). Различия в оценках составляют для Cu – 3,7 ра-

за, Pb – 3,4, Ni – 2,2, Cr – 1,9, V – 1,5 раза, что, по-видимому, связано с разными методами опробования и подходами к расчету средних значений.

Среднее содержание ряда изученных химических элементов в современных донных отложениях рек заповедника (р. Березина и ее притоки) по результатам опробования 2008–2010 гг. в 1,3–6,0 раза выше, чем в сопряженных с ними аллювиальных почвах соответствующего водосбора (табл. 2). Наиболее существенные различия установлены для Fe, Co и Ni (1,5–6,0 раз).

Таблица 1. Содержание химических элементов в аллювиальных почвах Березинского биосферного заповедника, мг/кг сухого вещества

Время опробования, количество образцов (n)	Ti	V	Cr	Mn	Ni	Cu	Y	Zr	Nb	Ba	Yb	Pb
Первая половина 1980-х гг. [1]	–	18,9	12,3	610	4,1	2,8	–	–	–	–	–	4,8
1997–1998 гг., 35	1614	25,9	21,7	599	8,7	9,8	15,5	270	9,1	379	1,5	10,1
2008–2010 гг., 30	1296	17,7	11,5	429	9,2	10,3	12,5	301	6,6	355	1,2	16,1

Таблица 2. Среднее содержание химических элементов в донных отложениях рек и аллювиальных почвах Березинского биосферного заповедника, мг/кг сухого вещества

Компонент, количество образцов (n)	Be	Ti	V	Cr	Mn	Fe, %	Co	Ni	Cu	Y	Zr	Nb	Ba	Yb	Pb
Донные отложения, 37 (1)	0,81	1420	21,9	16,3	534	1,73	6,07	14,2	14,9	12,9	391	6,5	507	1,32	18,2
Почвы, 30 (2)	0,40	1296	17,7	11,5	429	1,15	1,00	9,2	10,3	12,5	301	6,6	355	1,20	16,1
Соотношение донные отложения : почвы (1) : (2)	2,0	1,1	1,2	1,4	1,2	1,5	6,0	1,5	1,4	1,0	1,3	1,0	1,4	1,1	1,1

В соответствии с особенностями геоморфологического строения, характера и направленности аллювиальных процессов в пойме выделяются прирусловая, центральная и притеррасная части, геохимические условия в которых значительно различаются.

Оценка дифференциации в накоплении химических элементов в различных фациальных условиях поймы (прирусловая, центральная пойменные фации и субфация пойменный наилок) (данные 1997–1998 гг.) показала, что для ряда изученных элементов (Ti, V, Cr, Ni, Pb) отмечается тенденция увеличения валового содержания в ряду пойменный наилок → прирусловая пойма → центральная пойма (табл. 3, рис. 1) [13]. Максимальное среднее содержание Mn приурочено к субфации пойменный наилок (см. рис. 1). Не отмечается существенных разли-

чий между пойменными фациями (субфациями) по содержанию Co, Zr, Nb, Ba, Yb.

Для сравнения выделенных пойменных фаций (субфаций) по содержанию химических элементов в поверхностном горизонте использован непараметрический дисперсионный анализ Краскела–Уоллиса (Kruskal–Wallis test). Результаты теста ($H = 6,1–11,2$, $df = 3$, $p < 0,05$) свидетельствуют о статистически значимых различиях между фациями по концентрации V, Cr, Mn, Ni, Cu, Pb. Апостериорные сравнения (критерий множественного сравнения Краскела–Уоллиса) показали следующие статистически значимые различия: по содержанию V, Cr, Ni, Pb пойменный наилок отличается от почв центральной поймы; по содержанию Cu выделяются прирусловая и центральная поймы.

Таблица 3. Валовое содержание химических элементов в гумусовом горизонте почв пойменных фаций р. Березины, мг/кг сухого вещества

Пойменные фации (субфации), n	Сорг, %	Ti	V	Cr	Mn	Ni	Co	Cu	Y	Zr	Nb	Ba	Yb	Pb
Пойменный наилок, 6	20,0	1050	19,5	12,0	1250	7,1	4,2	11,9	11,5	225	8,9	335	1,3	7,6
Прирусловая, 14	12,8	1506	23,4	22,2	956	8,8	4,7	8,1	16,4	253	9,1	388	1,6	10,3
Центральная, 15	13,3	1807	33,1	24,7	490	10,0	4,7	12,2	16,3	291	9,8	367	1,5	11,6
Среднее, 35	13,9	1614	25,9	21,7	599	8,7	4,6	9,8	15,5	270	9,1	379	1,5	10,1

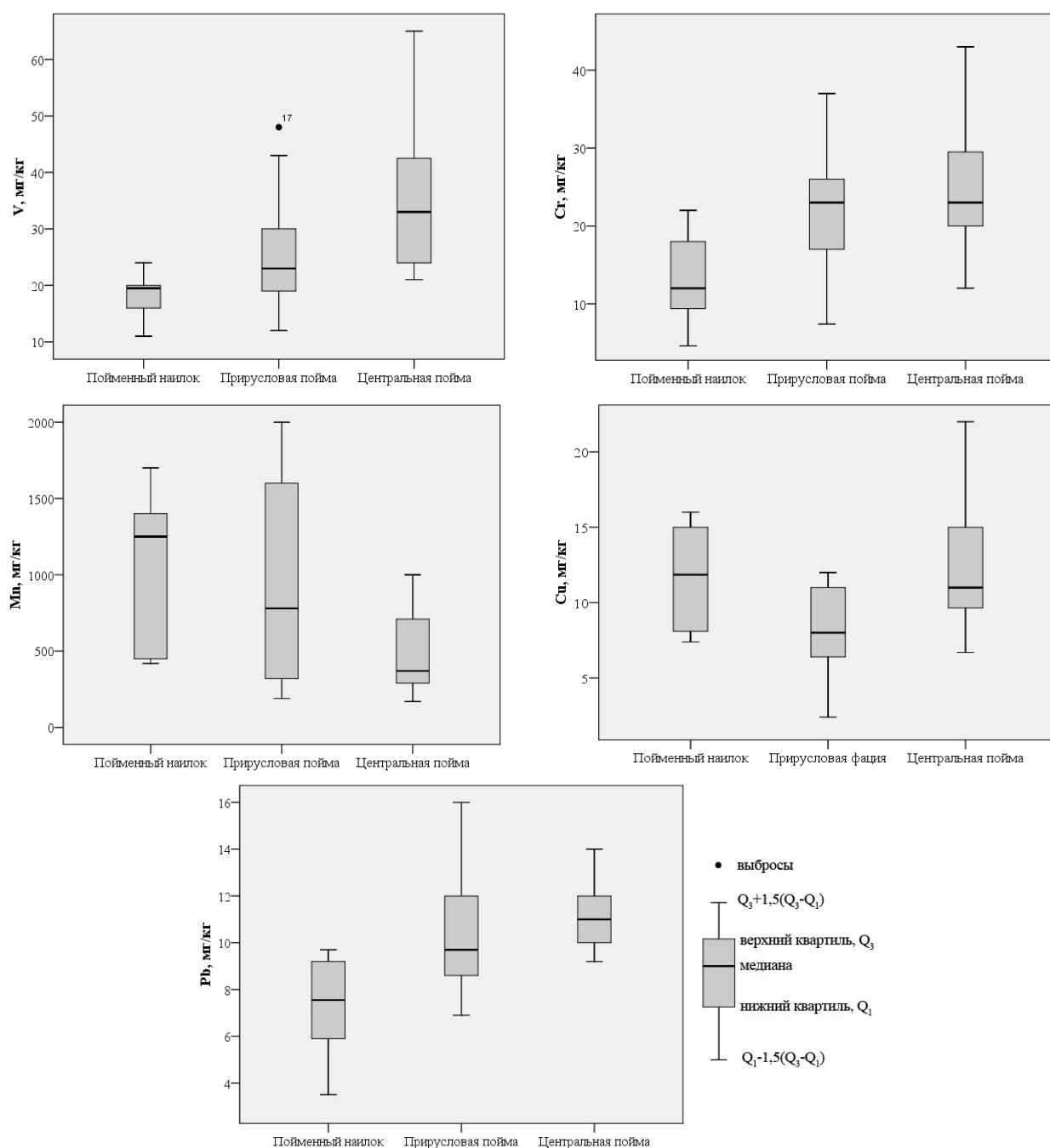


Рис. 1. Варьирование содержания микроэлементов в почвах пойменных фаций (субфаций)

Данные содержания условно-подвижных форм металлов (Cr, Ni, Co, Cu, Zn, Cd, Pb) в аллювиальных почвах р. Березины приведены в табл. 4. Статистически значимые различия меж-

ду фациями по среднему содержанию подвижных форм микроэлементов установлены только в отношении Cd ($H = 9,9$, $df = 2$, $p = 0,007$).

Таблица 4. Содержание условно-подвижных форм микроэлементов в гумусовом горизонте почв пойменных фаций (субфаций) р. Березины, мг/кг сухого вещества

Пойменные фации (субфации), количество образцов (n)	C _{орг} , %	Cr	Ni	Co	Cu	Zn	Cd	Pb
Пойменный наилок, 3	7,4	1,4	0,3	1,2	3,5	22	0,01	3,4
Прирусловая, 14	12,8	1,2	1,1	1,2	4,0	29	0,07	3,2
Центральная, 14	13,2	0,8	2,3	1,2	4,6	25	0,2	5,5
Среднее, 31	12,4	1,0	1,3	1,2	4,1	26	0,1	4,5

Результаты кластерного анализа данных по содержанию условно-подвижных форм металлов в гумусовом горизонте аллювиальных почв р. Березина показаны в виде дендрограммы (рис. 2), наглядно представляющей последовательность объединения элементов в группы (внутренняя иерархическая структура и взаимосвязь химических элементов).

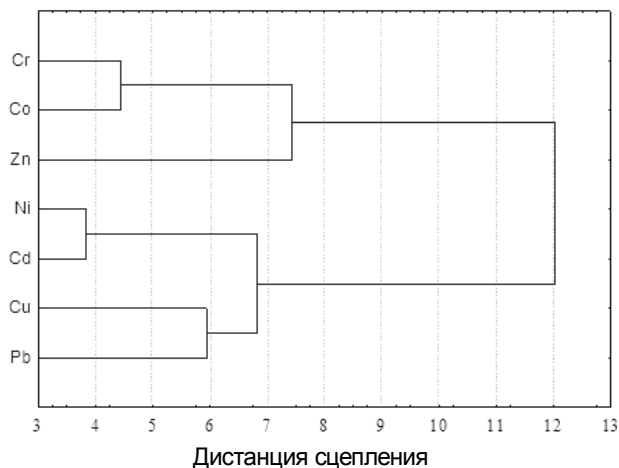


Рис. 2. Дендрограмма классификации условно-подвижных форм металлов. Метод Уорда.

Дистанция Евклида, стандартизированные данные

Дендрограмма позволила выделить две группы элементов. Первую группу образуют Ni, Cu, Pb, Cd. Содержание условно-подвижных форм Ni, Cu и Cd и $C_{орг}$ увеличивается в ряду

пойменный наилок → прирусловая фация → центральная фация. Максимальное среднее содержание условно-подвижного Pb также приурочено к центральной фации. Установлена средняя статистически значимая связь между содержанием $C_{орг}$ и условно-подвижных форм Ni ($r = 0,61$, $p < 0,001$), Cu ($r = 0,51$, $p = 0,003$), Cd ($r = 0,42$, $p = 0,02$).

Вторая ассоциация состоит из Cr, Co и, в меньшей степени, связанного с ними Zn.

Доля условно-подвижных соединений металлов от валовых концентраций для пойменных почв в целом составляет, %: Cr – 4,2 (1,2–13), Ni – 16 (0,5–38), Co – 26 (6,5–57), Cu – 40 (10–75), Pb – 44 (16–79).

Ранее проведенные геохимические исследования почв особо охраняемых природных территорий Беларуси [3, 6, 8, 9] позволили выявить в повсеместно распространенных дерново-подзолистых почвах две основные ассоциации химических элементов. Первая ассоциация (V, Cr, Fe, Cu, Ni, Pb) связана с тонкодисперсными фракциями почв. Формирование второй ассоциации (Ti, Y, Zr, Nb, Yb, Ba), по-видимому, обусловлено вхождением элементов в решетки одних и тех же породообразующих и акцессорных минералов. В дерново-подзолистых почвах Березинского биосферного заповедника выделены аналогичные ассоциации [9], тогда как в торфяно-болотных почвах – одна ассоциация, включающая в себя все исследуемые химические элементы (табл. 5).

Таблица 5. Ассоциации химических элементов в почвах и донных отложениях речной сети Березинского биосферного заповедника (опробование 2008–2010 гг.)

Почва/осадок	$n(r_{0,01})$	Фактор	Вес фактора, %	Общая дисперсия, %	Ассоциации
Дерново-подзолистая	60 (0,330)	F1	36	69	$Fe_{0,83}-Mn_{0,80}-V_{0,77}-Ni_{0,73}-Cu_{0,73}-Cr_{0,66}-Pb_{0,53}$
		F2	32		$Zr_{0,83}-Nb_{0,76}-Y_{0,73}-Yb_{0,73}-Ba_{0,69}-Ti_{0,68}$
Аллювиальная	30 (0,463)	F1	36	78	$Nb_{0,90}-Ba_{0,89}-Zr_{0,88}-Ti_{0,75}-Mn_{0,70}-Cr_{0,68}-(Ni_{0,59}-Fe_{0,52})$
		F2	27		$Y_{0,93}-Yb_{0,92}-V_{0,88}-(Fe_{0,55})-[Pb_{0,52}]$
		F3	15		$Cu_{0,78}-Pb_{0,66}-(Ni_{0,56})$
Торфяно-болотная	80 (0,286)	F1	79	79	$Ni_{0,96}-Ti_{0,95}-Ba_{0,95}-Yb_{0,93}-Nb_{0,92}-V_{0,91}-Y_{0,91}-Cr_{0,90}-Cu_{0,89}-Zr_{0,88}-Fe_{0,82}-Pb_{0,80}-Mn_{0,76}$
Донные отложения	37 (0,418)	F1	26	82	$Ni_{0,97}-Cr_{0,95}-Co_{0,85}-V_{0,62}$
		F2	19		$Zr_{0,82}-Ti_{0,81}-Mn_{0,72}-(Ba_{0,51})$
		F3	19		$Cu_{0,78}-Fe_{0,75}$
		F4	18		$Nb_{0,78}-Y_{0,77}-Yb_{0,73}-(Ba_{0,62})$

Примечание: $n(r_{0,01})$ – объем выборки (критическое значение коэффициента корреляции r –Пирсона при уровне значимости $\alpha = 0,01$); в круглых скобках – химические элементы, связанные более чем с одним фактором, в квадратных скобках – химические элементы, имеющие отрицательную нагрузку на фактор, $Fe_{0,83}$ – химический элемент, нижний индекс – нагрузка элемента на фактор.

В то же время для аллювиальных почв характерна другая структура ассоциаций химических элементов. С помощью факторного анализа в аллювиальных почвах Березинского биосфер-

ного заповедника выделены три компоненты (фактора), объясняющие 78 % общей дисперсии (см. табл. 5).

С первой главной компонентой (фактор 1), описывающей 36 % общей дисперсии, положительно связано содержание Nb, Ba, Zr, Ti, Mn, Cr (рис. 3). Установлена прямая средняя связь между элементами данной ассоциации и зольностью ($r = 0,57$, $p = 0,001$). Содержание данных элементов зависит от доли минеральной составляющей почвы (рис. 4).

Вторая главная компонента (фактор 2) учитывает 27 % общей дисперсии и отражает поведение Y, Yb и V. Y имеет химическое сходство и, как правило, демонстрирует совместное нахождение с Yb и другими лантаноидами. Согласно [15], содержание Y и Yb в почвах Литвы связано с такими тяжелыми минералами как циркон и гранаты. Также гранаты обладают повышенной изоморфной емкостью по отношению к V. Следу-

ет отметить, что аллювиальные почвы (по сравнению с другими типами почв Беларуси) характеризуются более высоким содержанием гранатов в тяжелой минеральной фракции [2, 14].

Третья главная компонента (фактор 3) несет в себе 15 % информации о рассматриваемом объекте. Анализ признаков нагрузок этого фактора показывает, что он имеет значимую положительную связь с Cu, Pb и, в несколько меньшей степени, с Ni. Данный фактор, по-видимому, может быть интерпретирован как биогенный. Так, на долю связанной с органическим веществом Cu в донных осадках рек Березинского биосферного заповедника приходится до 80 % от ее валового содержания [1]. В ряде случаев эта форма является доминирующей.

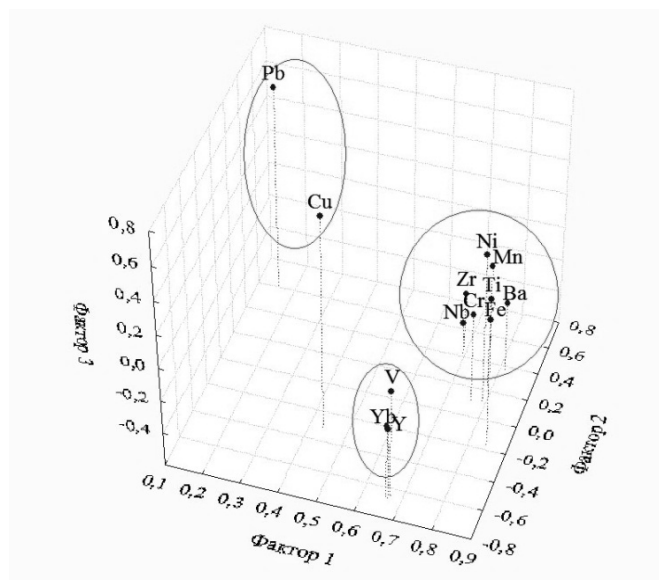


Рис. 3. Отображение химических элементов в пространстве трех факторов

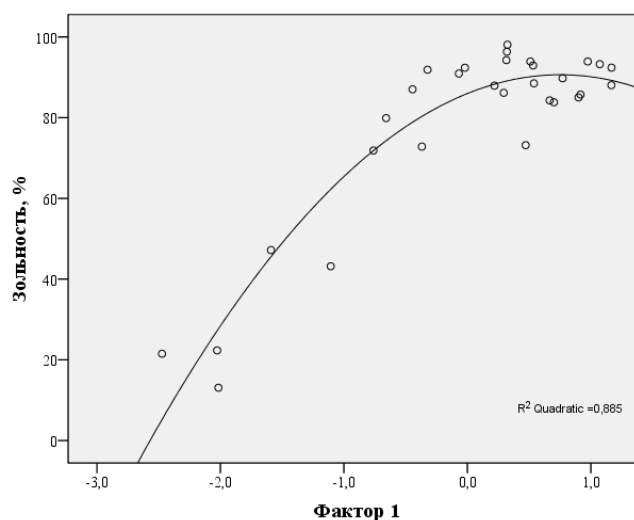


Рис. 4. Зависимость фактора 1 от зольности аллювиальных почв

Структуру ассоциаций химических элементов в аллювиальных почвах Березинского биосферного заповедника интересно сравнить со структурой, установленной для сопряженных донных отложений соответствующей речной сети. Как указывалось ранее [9], в результате факторного анализа были выделены четыре главные компоненты (фактора), объясняющие 82 % общей дисперсии (см. табл. 5).

Первая главная компонента (фактор 1), описывает 26 % общей дисперсии и характеризуется высокими нагрузками Ni, Cr, V, Co. Данные элементы концентрируются преимущественно в тонких фракциях, что, по-видимому, и отражает фактор 1 (доля тонких фракций).

Вторая главная компонента (фактор 2) учитывает 19 % общей дисперсии и отражает поведение Zr, Ti, Mn. Значимую нагрузку на фактор имеет и Ba. Указанные элементы (кроме Mn) в большинстве геохимических обстановок являются малоподвижными. Главные минералы-носители Ti (рутил, ильменит) и Zr (циркон) устойчивы к выветриванию и концентрируются преимущественно в песчаных и алевритовых фракциях. Аналогичная ассоциация (Ba–Ti–Zr–Mn) была выделена нами ранее для дерново-подзолистых почв национального парка «Нарочанский».

Третья главная компонента (фактор 3, 19 % общей дисперсии) характеризуется высокими нагрузками Fe и Cu. Накопление элементов данной ассоциации предопределяется содержанием органического вещества. Установлена сильная прямая связь между фактором 3 и органическим веществом ($r = 0,71$, $p < 0,001$).

Для фактора 4 (18 % общей дисперсии) характерна ассоциация Nb–Y–Yb–Ba. Это еще одна ассоциация, представленная относительно малоподвижными элементами, входящими в состав породообразующих и акцессорных минералов.

Выводы. Таким образом, выделение ассоциаций химических элементов показывает, что в аллювиальных почвах имеет место объединение в одну ассоциацию большей части элементов, входивших в различные ассоциации донных отложений (Ni–Cr + Zr–Ti–Mn–Ba). Парагенетическая ассоциация Y–Yb сохраняется как в донных отложениях, так и в аллювиальных почвах. Ассоциация Cu–Fe, существовавшая в донных отложениях, в аллювиальных почвах не проявляется. Следует отметить, что Pb, входящий в различные ассоциации химических элементов в дерново-подзолистых, аллювиальных и торфяно-болотных почвах, в донных отложениях ни с одной из ассоциаций не связан, что можно объяснить преимущественно техногенным поступлением данного элемента в донные отложения р. Березины в настоящее время.

Для ряда изученных элементов (Ti, V, Cr, Ni, Pb) отмечаются фациальные различия в их накоплении в ряду: пойменный наилок → прирусловая пойма → центральная пойма. Максимальное среднее содержание Mn приурочено к субфации пойменный наилок. Не отмечается существенных различий между пойменными фациями (субфациями) по содержанию Co, Zr, Nb, Ba, Yb. Статистически значимые различия между фациями по среднему содержанию условно-подвижных форм микроэлементов установлены только в отношении Cd.

Литература

1. **Геохимическое** изучение ландшафтов Березинского биосферного заповедника / под ред. К. И. Лукашёва. – Минск, 1985.
2. **Геохимические** провинции покровных отложений БССР / под ред. К. И. Лукашёва. – Минск, 1969.
3. **Жуковская, Н. В.** Пространственная дифференциация ассоциаций химических элементов в почвах национального парка «Браславские озера» / Н. В. Жуковская, О. В. Лукашёв // Вестник БГУ. – Сер. 2. – 2013. – № 2. – С. 90–95.
4. **Зырин, Н. Г.** Спектральный анализ почв, растений и других биологических материалов / Н. Г. Зырин, А. И. Обухов. – М., 1977.
5. **Кузнецов, В. А.** Метод постадийных вытяжек при геохимических исследованиях / В. А. Кузнецов, А. Г. Шимко. – Минск, 1990.
6. **Лукашёв, О. В.** Фоновое содержание химических элементов в почвах и растительности особо охраняемых природных территорий Белорусского Поозерья / О. В. Лукашёв [и др.] // Природопользование. – Минск, 2009. – Вып. 16. – С. 57–62.
7. **Лукашёв, О. В.** Эколого-геохимическое состояние поверхностных вод и речных отложений на территории Березинского биосферного заповедника / О. В. Лукашёв [и др.] // Природопользование. – Минск, 2009. – № 15. – С. 79–87.
8. **Лукашёв, О. В.** Микроэлементы в почвах Березинского биосферного заповедника / О. В. Лукашёв [и др.] // Природопользование. – Минск, 2010. – № 18. – С. 45–54.
9. **Лукашёв, О. В.** Ассоциации химических элементов в природных компонентах на территории Березинского биосферного заповедника / О. В. Лукашёв [и др.] // Природопользование. – Минск, 2014. – Вып. 25. – С. 115–123.
10. **Натаров, В. М.** Проведение педогеохимических исследований для фонового экологического мониторинга / В. М. Натаров, О. В. Лукашёв // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования. – Минск, 2010. – Вып. 5. – С. 99–120.

11. **Натаров, В. М.** Комплексный геохимический фоновый мониторинг в Березинском биосферном заповеднике / В. М. Натаров, О. В. Лукашёв, В. В. Савченко. – Минск, 2013.
12. **Пузаченко, Ю. Г.** Математические методы в экологических и географических исследованиях / Ю. Г. Пузаченко – М., 2004.
13. **Савченко, С. В.** Эколого-геохимическое изучение пойменных почв р. Березины в Березинском биосферном заповеднике / С. В. Савченко // Природные ресурсы. – 1999. – № 2. – С. 128–137.
14. **Ярцев, В. И.** Минералогия. Изучение и определение обломочных минералов антропогенных пород Беларуси / В. И. Ярцев, Я. И. Аношко. – Минск, 1998.
15. **Kadunas, V.** Genesis of anomalies of Ti, Zr, Nb and rare-earth elements in Lithuanian soils / V. Kadunas, A. Radzevicius, O. Vareikiene // Geologija. – 2003. – № 41 – P. 20–27.

¹Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

²ГПУ «Березинский биосферный заповедник», Беларусь

³Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Поступила в редакцию 12.10.2015 г.

**О. В. Лукашёв, Н. В. Жуковская, В. М. Натаров,
Н. Г. Лукашёва, С. В. Савченко**

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВАХ БЕРЕЗИНСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Оценка среднего содержания химических элементов в пойменных почвах по данным опробований разных лет показала значительную вариабельность полученных значений. Различия в концентрациях составляют от 1,5 до 3,7 раза.

Для ряда изученных элементов (Ti, V, Cr, Ni, Pb) отмечаются фациальные различия в их накоплении в ряду: пойменный наилот → прирусловая пойма → центральная пойма. Не отмечается существенных фациальных различий по содержанию Co, Zr, Nb, Ba, Yb. Статистически значимые различия между фациями по среднему содержанию условно-подвижной формы микроэлементов установлены только в отношении Cd.

Выделение ассоциаций химических элементов показывает, что в аллювиальных почвах имеет место объединение в одну ассоциацию большей части элементов, входивших в различные ассоциации донных отложений (Ni, Cr + Zr, Ti, Mn, Ba). Парагенетическая ассоциация Y–Yb сохраняется как в донных отложениях, так и в аллювиальных почвах. Pb, входящий в различные ассоциации элементов в дерново-подзолистых, аллювиальных и торфяно-болотных почвах, в донных отложениях ни с одной из ассоциаций не связан. Это можно объяснить преимущественно техногенным поступлением данного элемента в донные отложения р. Березины в настоящее время.

**O. V. Lukashev, N. V. Zhukovskaya, V. M. Natarov,
N. G. Lukasheva, S. V. Savchenko**

MICROELEMENTS IN ALLUVIAL SOILS OF BEREZINSKY BIOSPHERE RESERVE

The estimation of the average content of chemical elements in floodplain soils according to tests in different years showed considerable variability in obtained values. Differences in concentrations are from 1.5 to 3.7 times.

For a number of studied elements (Ti, V, Cr, Ni, Pb) facies differences are marked in their accumulation in the series: floodplain warp → channel floodplain → central floodplain. There were no significant facial differences in the content of Co, Zr, Nb, Ba, Yb. Statistically significant differences between facies of the average content of mobile forms of microelements are established only in relation to Cd.

The isolation of associations of chemical elements indicates that the union in one association of most elements takes place in alluvial soils, which are come in various associations of the bottom sediments (Ni, Cr + Zr, Ti, Mn, Ba). Paragenetic association Y–Yb preserved in bottom sediments and in alluvial soils. Pb which belongs to the association of various elements in sod-podzolic, alluvial and peat soils, in bottom sediments with none of the associations is not linked. This can be explained mainly by anthropogenic receipt of the item in the bottom sediments of the river Berezina in nowadays.

УДК 911.2/3

А. Г. Голубцов

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ИНТЕГРАЦИИ ЛАНДШАФТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В УКРАИНЕ

Обосновывается использование результатов ландшафтного планирования в качестве основы для учета нормативно-законодательных экологических требований в территориальном планировании на разных иерархических уровнях. Представлены методические аспекты интеграции ландшафтного планирования на рабочих этапах разработки территориальных планов и подготовки материалов комплексной оценки территории.

Особенностью Украины являются значительные региональные различия по степени и видам техногенной нагрузки на окружающую среду, комплексу экологических проблем, возникающих в результате природопользования [32]. Сохранение и возобновление качества окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов декларируются как приоритетные и закреплены в законодательстве Украины [7, 8, 9, 21, 22]. Согласно Стратегии государственной экологической политики Украины [8], предполагается, что национальные планы действий по охране окружающей природной среды должны быть интегрированы в региональные программы социально-экономического развития и детализированы на уровне региональных планов действий областей, районов и общин.

Одной из форм государственной региональной политики, которое осуществляется с целью смягчения или устранения региональных экономических, социальных и экологических противоречий, является региональное планирование. Региональное планирование соответствует понятию «территориальное (пространственное) планирование» и означает систему планировочных мероприятий по рациональному долгосрочному использованию территории страны и ее регионов с распределением общественных средств для их реализации [2]. При планировании территорий и разработке градостроительной документации субъекты градостроительной деятельности обязаны «придерживаться основных задач и мероприятий по обеспечению социально, экономически и экологически сбалансированного развития и экологической безопасности территорий» [6, статья 19].

В практике территориального планирования соблюдение законодательных требований по упреждению экологических проблем достигается созданием планировочной организации территории – рационального пространственного сочетания функционально-территориальных элементов (производства, расселения, природопользования), которые объединяются структурами управления [15]. Моделирование планировочной орга-

низации территории опирается на оценку территории с позиций, предусмотренных стратегиями развития государства и регионов, согласно ряду показателей, определенных в нормативно-правовых документах (ДБН, санитарно-гигиенические нормы и т. д.), в том числе экологического содержания. Наряду с этим, *остается актуальным вопрос совершенствования методики целевого оценивания природных условий территории, определения степени антропогенного давления и идентификации экологических проблем, рисков и конфликтов для разработки обоснованных планировочных решений.*

В качестве основы для эколого-ориентированной разработки схем использования территории нами изучаются возможности ландшафтного планирования, которое является, по сути, отраслевым планированием землепользования с позиций охраны и сохранения природы [29]. Ландшафтное планирование – пространственное планирование окружающей среды, направленное на изучение мультифункциональности ландшафтов (как природных, так и антропогенно измененных [26]), предпосылка которого – устойчивое природопользование [31]. Его задача – разработать план действий для обеспечения охраны, ухода, развития и восстановления природы и ландшафта и, таким образом, способствовать осуществлению природоохранных целей [25, 29, 31, 33]. Такими целями является длительное сохранение: 1) биологического разнообразия; 2) способности природных экосистем к функционированию и саморегуляции; 3) разнообразия, своеобразия и красоты природы и ландшафта; 4) воздуха и климата, 5) почв; 6) водной среды.

Ландшафтное планирование направлено на исследование последствий природопользования в определенном регионе в связи с указанными компонентами и на поиск путей разрешения конфликтов между пользователями и потерей природных свойств ландшафтов вследствие деструктивного влияния человека. Таким образом, оно может рассматриваться как «экологическая основа» общего территориального планирования [31]. Природоохранные цели, требования и ме-

роприятия ландшафтных планов могут быть реализованы путем их интеграции в территориальное планирование, предписания которого обусловлены законодательно. Путем взвешивания, т. е. анализа различных аргументов в соответствии с нормативными предписаниями, отдельные планировочные решения сочетаются в новую согласованную общую концепцию развития.

Ландшафтное планирование как инструмент реализации экологических требований через территориальное планирование имеет длительную историю внедрения на практике в Германии, где оно зафиксировано в природоохранном законодательстве как на федеральном уровне [27], так и в отдельных землях [28]. Работы, аналогичные или похожие по содержанию, имеют место в других странах Европейского Союза, США и Канады. Принципы ландшафтного планирования внедряются в практику территориального планирования в Азербайджане, Армении, Грузии, России [20].

В Украине ландшафтное планирование является относительно новым направлением прикладных ландшафтных исследований [19]. Пилотный проект по внедрению ландшафтного планирования на примере Черкасской области успешно реализован в Институте географии НАН Украины, 2010–2014 гг. [14]. Совместное исследование ландшафтно-планировочной организации трансграничного региона Белорусского и Украинского Полесья осуществили Институт географии НАН Украины и Институт природопользования НАН Беларуси. Оно является первым шагом в обосновании методологической базы для проведения ландшафтного планирования в полесских областях обоих государств [16].

Ранее в Украине проведен ряд исследований, целью которых стал разносторонний анализ ландшафтов для разработки рекомендаций относительно оптимального землепользования [3, 4, 10, 11, 17, 24]. Их результаты использовались в проектах по территориальному планированию. Важнейшими результатами указанных работ являются, прежде всего, детально проработанные методические подходы к сбору и обобщению данных о ландшафтах, что позволяет предлагать обоснованные рекомендации относительно оптимального природопользования при разработке схем использования территории на разных иерархических уровнях.

Цель данной публикации – внедрить методические подходы интеграции материалов и результатов ландшафтного планирования в практику территориального планирования. В центре внимания находятся следующие вопросы:

соотношение иерархических уровней ландшафтного планирования с уровнями территориального планирования и административно-территориальным устройством;

сценарии интеграции ландшафтного планирования в территориальное планирование;

использование результатов ландшафтного планирования на рабочих этапах разработки территориальных планов;

состав данных ландшафтного планирования, которые используют при разработке территориальных планов;

адаптация природоохранных целей, которые разрабатывают в ландшафтном планировании, для включения в планы развития территорий.

Разработка методических подходов интеграции данных ландшафтного планирования в территориальные планы основывается на опыте Германии [25, 30, 31, 33]. Учтены теоретико-методологические основы территориального планирования в Украине [1, 2, 13, 15, 18].

Соотношение иерархических уровней ландшафтного и территориального планирования. Ландшафтное планирование реализуется на нескольких уровнях административно-территориального деления как иерархическая система ландшафтных планов [31] – документов,

состоящих из инвентаризационных и оценочных карт, карт конфликтов и целей, пояснительных текстов. Последовательность и содержание ландшафтного планирования является неизменной для любого иерархического уровня; разница – в детализации обработки геоданных, степени обобщения результатов и конкретизации целей и мероприятий (рис. 1) [14, 34].

На государственном уровне, соответствующем Генеральной схеме планирования всей территории Украины, в методике ландшафтного планирования не предусмотрена разработка сопоставимого планировочного документа. Верхним иерархическим уровнем является ландшафтная программа, которая по содержанию работ и детальности сопоставима со схемами планирования отдельных частей территории Украины, административных областей или группы районов. Главная задача ландшафтной программы – выделение основных функциональных зон использования территории с представлением общих целей развития и определение требований по охране природы и ухода за ландшафтом; она является каркасом для разработки планов низшего уровня.

Содержание Рамочного ландшафтного плана соответствует схеме планирования территории административного района. Он включает характеристики природно-ресурсного потенциала, задач охраны природы и реального использования территории, рекомендации экологически целесообразного природопользования и цели развития территории планирования. Рамочный ландшафтный план представляет требования по охране природы и уходу за ландшафтом на региональном уровне и конкретизирует, таким образом, целевые предложения ландшафтной программы.

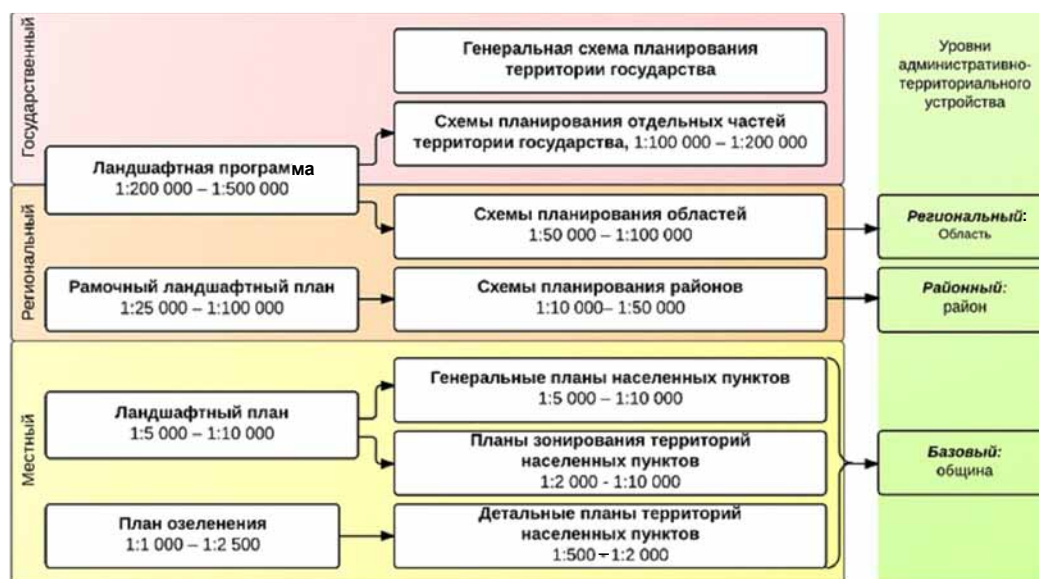


Рис. 1. Соотношение документации ландшафтного планирования, градостроительной документации схем территориального планирования и уровней административно-территориального устройства (масштаб разработки ландшафтных планов по [14, 31], основной масштаб схем планирования территорий [5], уровни административно-территориального устройства [12])

Для территории уровня общины (укр. – громада) разрабатывается ландшафтный план, содержащий информацию о конкретных природоохранных целях и мероприятиях по преодолению или предотвращению локальных экологических проблем. Детальность исследований удовлетворяет требованиям генеральных схем планирования населенных пунктов и схем зонирования. План озеленения в ландшафтном планировании разрабатывается для отдельных участков в пределах населенных пунктов и по содержанию сопоставим с детальными планами территории.

Сценарии интеграции. Интеграция результатов ландшафтного планирования в территориальное планирование может происходить по следующим сценариям [31, 33].

Первичное включение. При этом самостоятельный ландшафтный план не разрабатывается, а требования охраны природы и ухода за ландшафтом разрабатываются как часть соответствующего территориального плана (согласно методике ландшафтного планирования), которые предварительно взвешиваются с другими пространственно значимыми требованиями к планированию. Преимущество в том, что экологические требования рассматриваются непосредственно при разработке территориального плана. Однако, не гарантировано полное представление необходимых мероприятий и требований, к тому же, существование ландшафтного плана в качестве простого приложения может терять свой вес.

Вторичное включение. Сначала отдельно разрабатывается ландшафтный план, предложения которого после взвешивания с другими требованиями пространственного планирования

включаются в территориальный план. Этим гарантируется, что при принятии пространственно значимых решений все важные требования относительно природы и ландшафта будут учтены.

Соотношение рабочих этапов. Для каждого административно-территориального уровня последовательность выполнения рабочих этапов ландшафтного планирования является неизменной: *определение рамочных целей – сбор исходных данных – оценка ландшафтов – определение экологических рисков и угроз – определение отраслевых (покомпонентных) целей – разработка интегральной концепции целей – внедрение и мониторинг* [25, 31]. Разработка схемы планирования территорий также предусматривает поэтапность работ для решения определенной группы задач [1, 2], сопоставимых по содержанию с ландшафтным планированием (рис. 2):

информационный (аналитический) этап; в зависимости от особенностей планировочных заданий, делится на две части: информационно-аналитический (сбор и анализ данных) и аналитико-прогнозный (идентификация основных проблем и определение путей улучшения экологической ситуации) [1];

конструктивный этап – определение проектной цели, разработка альтернативных решений, их оценка и выбор оптимального (компромиссного) решения по совокупности критериев;

оперативный этап – экспертиза, финансирование, реализация и мониторинг проекта. Главная задача этапа – разработка предложений по внедрению схем планирования территории (в статье не рассматривается).

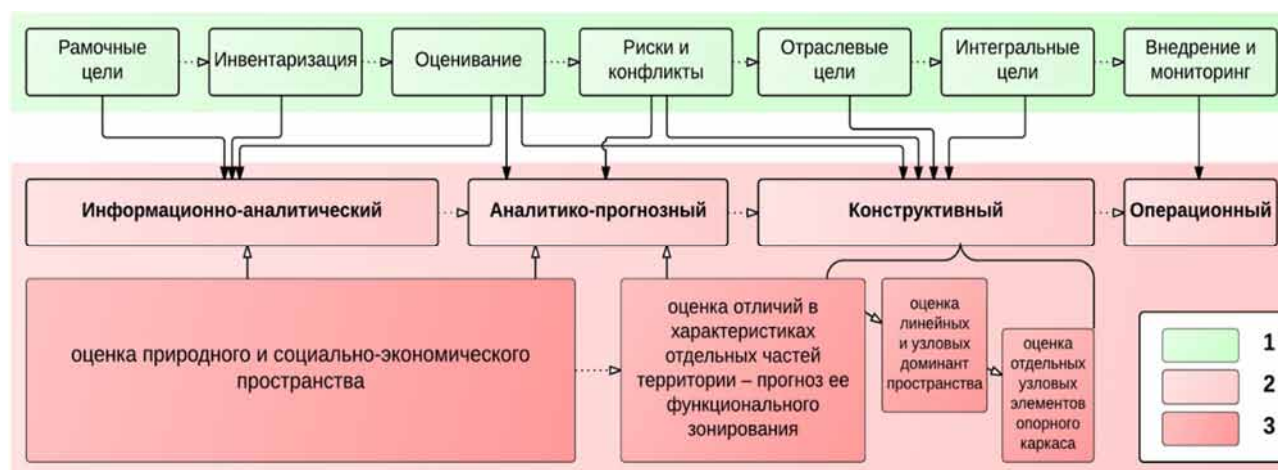


Рис. 2. Интеграция данных ландшафтного планирования на этапах разработки территориальных планов и комплексной оценки территории:
1 – этапы ландшафтного планирования; 2 – этапы территориального планирования;
3 – последовательность комплексной оценки территории

Инструментом территориального планирования, с помощью которого обосновываются планировочные решения, является комплексная оценка территории [15]. Она выступает и как самостоятельный раздел, и как метод разработки этапов территориального планирования, а также обозначает совокупность графических материалов градостроительной документации оценочного содержания. Комплексная оценка территории осуществляется на четырех пространственных уровнях (этапах), отражающих последовательность основных решений в территориальном планировании [18]. Основой для выполнения задач комплексной оценки и разработки территориальных планов в части соблюдения экологических требований выступают материалы и результаты этапов ландшафтного планирования. Включение соответствующих данных зависит от конкретной задачи каждого из этапов территориального планирования.

На *информационно-аналитическом этапе* собираются данные о природных и социально-экономических условиях региона и оценивается состояние территории, чем закладывается основа для дальнейших планировочных работ. Учитывая необходимость и законодательные требования экологизации, при разработке планов использования территории должны быть рассмотрены и проанализированы следующие проблемы [8]:

сохранения ландшафтного разнообразия. Речь идет как о природных ландшафтах, так и о культурных ландшафтах, своеобразие которых обусловлено человеческой деятельностью. Основные угрозы – распашка земель, вырубка лесов с последующим изменением целевого назначения земель, осушение или обводнение территорий, застройка и создание инфраструктуры, что приводит к деградации ландшафтов как це-

лостных комплексов, фрагментации, уменьшению площади и т. п.;

сохранения и поддержания биоразнообразия. Основные угрозы – уничтожение естественной среды обитания флоры и фауны (водно-болотных угодий, природных лесных, степных и луговых экосистем);

проявление негативных процессов природного происхождения и их влияние на экологическую ситуацию (наводнения, подтопления и затопления, заболачивания, погодные явления и т. д.);

тенденции изменений (местно) климатических условий и влияние на другие компоненты ландшафта и человека;

деградация почв в результате эрозии, подтопления, переуплотнения, потери питательных веществ и гумуса;

загрязнение ландшафтов и его составляющих химическими веществами, а также тепловое, электромагнитное, биологическое и загрязнение других видов;

снижение качества облика ландшафтов в результате «эстетического загрязнения» – изменений в природной среде, которые воспринимаются органами чувств, прежде всего зрением, и характеризуются как дискомфортные;

Перечисленные темы являются предметом исследования на инвентаризационном и оценочном этапах ландшафтного планирования [25, 30, 31]. Ландшафтное планирование предоставляет систематизированную базу геоданных о природных условиях исследуемой территории: качестве воздуха и климатических условиях, поверхностных и подземных водах, почвенном покрове, растительном и животном мире, облике ландшафта, а также данные о современном землепользовании и степени антропогенного преобразования ландшафтов (рис. 3).

На этапе оценивания осуществляется целевой анализ этой информации [25, 30, 31], во-первых, для определения пространственной дифференциации значимости функций ландшафта, во-вторых, с целью выявления террито-

рий, наиболее уязвимых к воздействиям хозяйственной деятельности человека. Соответственно, используются две категории оценки: «чувствительность» и «значимость» [20, 31].

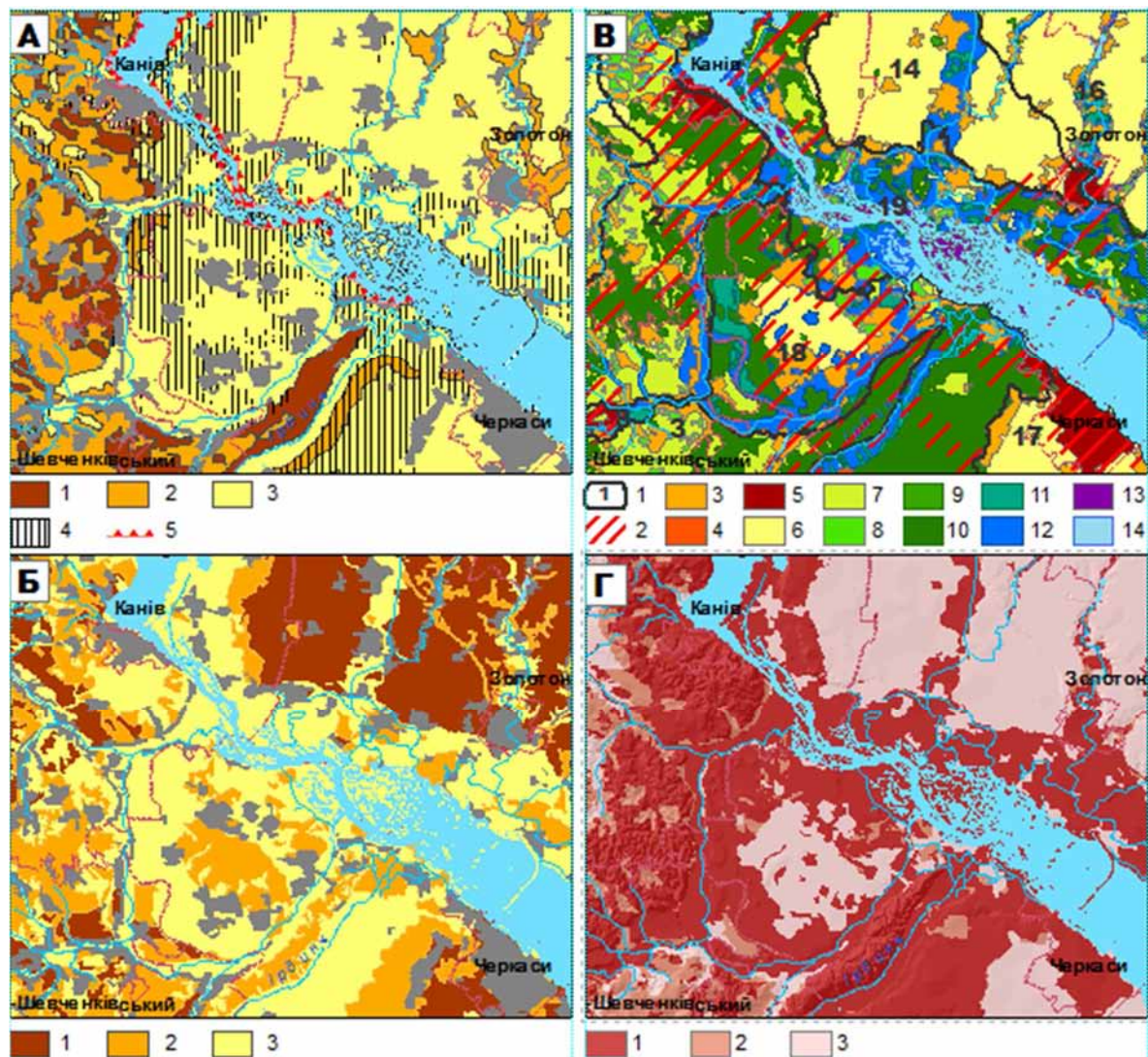


Рис. 3. Примеры картографических материалов инвентаризационного и оценочного этапов ландшафтного планирования (Ландшафтная программа Черкасской области, фрагменты, уменьшенное изображение, оригинальный масштаб 1:200 000 [14]):

- А – чувствительность почв к эрозии: водной плоскостной (1 – высокая, 2 – средняя, 3 – низкая); ветровой (4 – от высокой до средней; 5 – берега рек, поддающиеся абразии);
 Б – значение почв по степени плодородия: 1 – высокая, 2 – средняя, 3 – низкая;
 В – облик ландшафта: 1 – границы и индексы ПТК (обозначения индексов [14]);
 2 – ассоциативные культурные ландшафты, влияющие на формирование региональной идентичности. Облик ландшафтов по особенностям землепользования: поселения – 3 – села; 4 – города; 5 – города со значительной долей исторической застройки. Агрооодья – 6 – обширные поля, где доминируют открытые пространства; 7 – поля, сочетающиеся с небольшими участками лесов. Леса – 8 – леса, размещающиеся группами; 9 – леса, незначительные по площади; 10 – крупные лесные массивы.
 Поймы рек – 11 – поймы рек, преимущественно с лесной растительностью; 12 – поймы рек, преимущественно под лугами и кустарниками; 13 – острова на Днепре, под лесами, кустарниками и лугами; 14 – реки, озера, пруды, водохранилища;
 Г – привлекательность ландшафта: 1 – высокая (уникальные и своеобразные); 2 – средняя (ландшафты, сочетающие различные природные и антропогенные элементы); 3 – низкая (однообразные, малопривлекательные)

Одна и та же территория имеет, как правило, разную чувствительность и значимость для разных функций ландшафта (см. рис. 3) [23]. Критерии оценки при этом должны быть ориентированы на рамочные цели использования территории; отвечать современному состоянию природной среды и учитывать возможные изменения природных компонентов при реализации запланированных направлений использования территории и допустимого уровня такого использования [20]. Это важно с точки зрения общего пространственного планирования, поскольку предполагает, что разработка ландшафтного плана уже изначально ориентирована на дальнейшую интеграцию в территориальные планы.

На *аналитико-прогнозном этапе* определяются основные проблемы и пути улучшения экологической ситуации, проблемные ареалы, а также территории, освоение которых может способствовать экономическому развитию территории планирования. Основой выполнения этого этапа в контексте учета экологических вопросов становятся результаты анализа ландшафтов на предмет выявления и оценки рисков и угроз. Определяются существующие и потенциальные риски, связанные с антропогенным воздействием человека, что приводит к деградации ландшафтов. Основание их определения – результаты оценочного этапа ландшафтного планирования: осуществляется сопоставление и анализ данных о чувствительности и значимости ландшафтов, современного и перспективного состояния природопользования на исследуемой территории.

На этом этапе планирования возникает возможность спрогнозировать, а значит, и предотвратить наиболее негативные воздействия на окружающую среду. Идентифицируются ареалы, имеющие высокий потенциал конфликтности в отношении других видов природопользования, например, потому что такие ареалы имеют высокое значение как среда произрастания видов растений или из-за того, что должны быть сохранены особенно плодородные почвы [25]. В поле зрения находятся также традиционные культурные ландшафты, которые подвергаются трансформациям и теряют высокую эстетическую ценность вследствие техногенного воздействия (промышленная застройка, создание карьеров и т. д.). На этой основе другие виды планирования могут выбрать целевые участки (например, под застройку или прокладку автодорог), на которых можно ожидать сравнительно меньшие риски для окружающей среды.

Указанные способы ландшафтного планирования могут быть использованы в материалах комплексной оценки для определения территорий регламентированного (монофункционального и зон ограничений) или альтернативного использования [18].

На *конструктивном этапе* выполняется оптимизация экологического, историко-культурного и планировочного каркаса и выдвигаются предложения по функциональному зонированию территории – определению территорий, однородных по сочетанию ряда характеристик для которых и устанавливается возможный профиль и масштаб функционального использования. Функциональное зонирование территории касается регулирования видов деятельности, которые являются возможными для тех или иных зон: жилой, сельскохозяйственной, промышленной, рекреационной, природоохранной и т. п. [13]. При этом задача ландшафтного планирования – обосновать выделение зон, пригодных и обязательных для внедрения целей защиты природы и ухода за ландшафтами и определить приоритетность реализации природоохранных целей в таких зонах [31]. Основа решения – анализ и интерпретация результатов ландшафтного планирования, выраженных в формулировке природоохранных целей и представленных на результирующих картах в ландшафтных планах (рис. 4, см. табл.).

Цели в ландшафтном планировании – это ориентиры, указывающие на наиболее оптимальное и желаемое состояние ландшафтов, которые разрабатываются с целью преодоления и упреждения экологических проблем и конфликтов [34]. Формулировка целей основывается на результатах оценки значимости ландшафтов и чувствительности к существующим и планируемым видам хозяйственной деятельности. Для интеграции в территориальные планы, способы и рекомендации ландшафтного планирования следует адаптировать к терминологии, принятой в территориальном планировании [31].

Критерии выбора территорий, приоритетных для охраны природы и ухода за ландшафтом по [31, 33]. Территории, в пределах которых другие виды использования должны быть полностью или в значительной степени подчинены требованиям охраны природы, относятся к зонам «абсолютного приоритета». В территориальном плане они представляются как области преимущественного использования. К этой категории относятся как уже существующие природоохранные территории, имеющие определенный нормативный статус (природные заповедники, национальные природные парки и т. п. – обозначены буквой «А» на рис. 4 и в таблице), так и особо охраняемые местообитания, представляющие пространственную значимость для расширения природно-заповедного фонда. Также к категории преимущественного использования относятся территории, на которых цели охраны природы и ландшафта реализуются (или это предусмотрено) другим способом. Это, например, участки, представляющие особое значение для создания эко-

сети, где внедряются определенные программы по защите видов растений или животных и осуществляются соответствующие мероприятия (обозначены буквой «В» на рис. 4 и в таблице).

«Относительный приоритет» для охраны природы и ландшафта имеют зоны, в пределах которых могут осуществляться и другие виды землепользования. Приоритетность именно целей охраны природы и ухода за ландшафтом определяется при взвешивании со всеми конкурирующими планировочными намерениями и мероприятиями в пределах такой зоны. Также относительно включения в такие зоны рассматриваются участки, для которых в ландшафтных планах определены цели охраны или развития. К указанным зонам могут быть отнесены, например, участки:

с высоким значением одного или нескольких компонентов экосистемы (почвы, вода, климат, воздух) (обозначены буквами «Е» и «F» на рис. 4 и в таблице);

с высоким значением разнообразия, своеобразия, красоты ландшафта и с высоким значе-

нием ландшафта для отдыха, связанного с природой (обозначены буквой «С» на рис. 4 и в таблице);

для создания взаимосвязанной системы биотопов, развития экосети (обозначены буквой «D» на рис. 4 и в таблице).

с высокой чувствительностью к негативным факторам, где требуются специальные мероприятия по улучшению состояния ландшафта (обозначены буквой «G» на рис. 4 и в таблице).

На региональном и районном уровнях, исходя из масштаба планирования и представления, названные планировочные категории могут накладываться. Это характерно, главным образом, для зон, в которых допускается несколько видов пользования, которые не противоречат один другому (напр., развитие экосети / расширение лесонасаждений). Однако необходимо оценить, насколько это целесообразно на одной и той же территории, возможно более обоснованным будет определение преимущественного вида пользования.

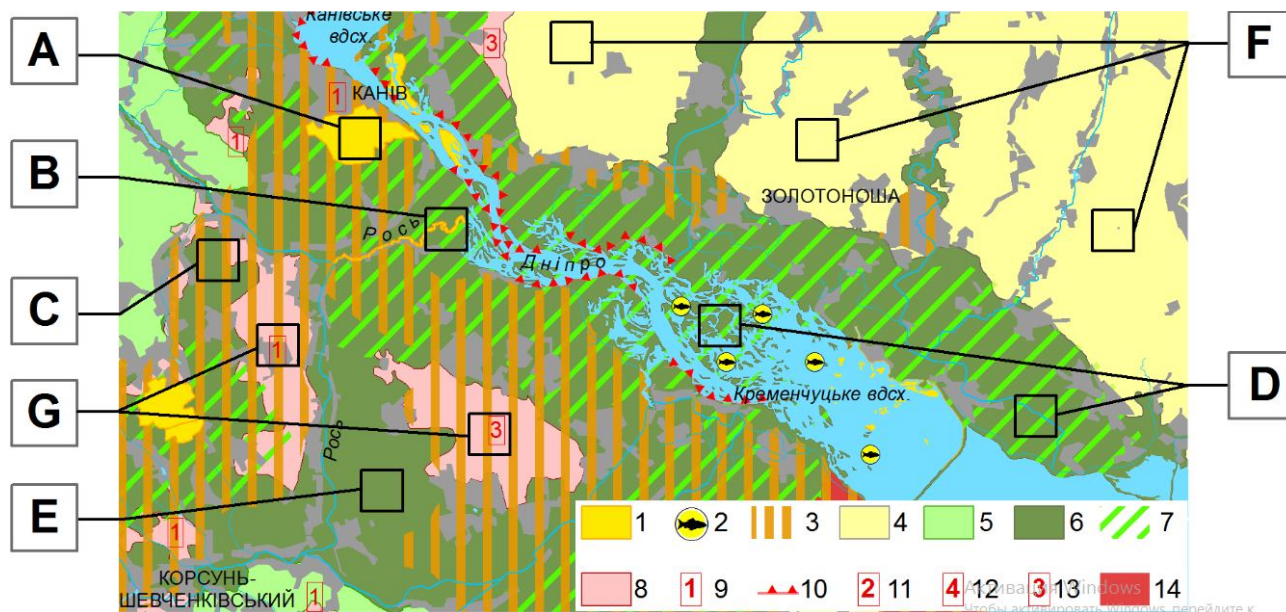


Рис. 4. Предложения по интеграции природоохранных целей Ландшафтной программы Черкасской области в Схему территориального планирования области (проект):

A–F – территории (ландшафты) – см. таблицу. Интегральная концепция целей*: *Охрана природы:*

1 – обеспечение и контроль статуса существующих природоохранных территорий; 2 – места нереста рыбы; 3 – охрана природного и культурного наследия; 4 – сбалансированное экологичное сельское хозяйство; 5 – сбалансированное землепользование с особым вниманием к благам, требующих защиты; 6 – сбалансированное землепользование с особым вниманием к развитию туризма и экологической сети. *Особое внимание:* 7 – ареалы концентрации редких видов растений и животных, в перспективе – ядра экосети; 8 – санация негативных воздействий на ландшафт для улучшения экосистем, поддающихся негативным воздействиям; 9 – водная эрозия; 10 – абразия берегов рек; 11 – ветровая эрозия; 12 – последствия радиоактивного загрязнения почв, высокочувствительных к химическому загрязнению; 13 – постоянное подтопление; 14 – санация негативных воздействий на ландшафт для улучшения условий проживания населения

*Фрагмент карты «Интегральная концепция целей» из Ландшафтной программы Черкасской области, сокращенная легенда (см. [14]).

**Предложения по интеграции природоохранных целей Ландшафтной программы
Черкасской области в Схему территориального планирования**

Территория/ландшафт	Ландшафтная программа		Планировочная категория в территориальном плане
	Цели (возможности использования)	Характеристика территорий	
A*	Охрана природы. Обеспечение и контроль статуса существующих природоохранных территорий.	Территории существующих объектов природоохранного фонда	Территории природно-заповедного фонда
B	Отказ от сельскохозяйственного использования; научные исследования; регулируемый природоохранный туризм	Ландшафты с высокой чувствительностью, наличием редких видов растений и животных (напр., водно-болотные угодья, острова на Днестре)	Территории приоритетного природоохранного использования
C	Сбалансированное землепользование с особым вниманием к развитию туризма и экологической сети.	Ландшафты, привлекательные для отдыха и туризма; с высоким био- и ландшафтным разнообразием	Территории преимущественного рекреационного и туристического использования
D	Развитие предложений для отдыха в привлекательных ландшафтах и исторических местностях; развитие экосети. Лесопользование и увеличение лесных насаждений; регламентированная охота; производство традиционных для региона продуктов	Ландшафты с высоким био- и ландшафтным разнообразием, в частности, крупные лесные массивы. Особое внимание ареалам концентрации редких видов растений и животных	Территории приоритетного развития экосети (экологического каркаса)
E	Сбалансированное землепользование с особым вниманием к благам, требующим защиты. Развитие различных видов и форм землепользования; содействие экологическому сельскому хозяйству и садоводству; поддержка и развитие лесонасаждений	Агроландшафты с повышенной чувствительностью к водной эрозии; леса, задействованные в лесном хозяйстве; поймы рек; сады и лесополосы	Территории преимущественного лесохозяйственного использования
F	Сбалансированное экологичное сельское хозяйство. Соблюдение севооборотов; контроль использования техники и нормативного внесения удобрений; содействие сохранению биоразнообразия; поддержка биотопов в населенных пунктах	Агроландшафты с высоким природным плодородием почв и низкой чувствительностью к химическому загрязнению и эрозии	Территории преимущественного сельскохозяйственного использования
G	Санация негативных воздействий на ландшафт для улучшения экосистем. Экстенсивное, специальное землепользование для восстановления благ, требующих защиты; усиленный мониторинг негативных воздействий и явлений	Ландшафты поддающиеся негативным воздействиям, высокочувствительные к водной и ветровой эрозии, к химическому загрязнению; наблюдается постоянное подтопление	Территории для увеличения лесных насаждений

*См. рис. 4.

Заключение. Ландшафтное планирование является новым направлением прикладных ландшафтных исследований в Украине, которое направлено на разработку целей охраны природы и ухода за ландшафтом. С одной стороны, оно является отраслевым эколого-ориентированным планированием землепользования, предлагая научно обоснованные рекомендации – ландшафтный план – по охране, развитию или улучшению ландшафта. Однако наиболее эффективным способом реализации природоохранных целей является интеграция результатов ландшафтного планирования в об-

щее территориальное и другие отраслевые виды планирования. Причина этого – законодательно обусловленные требования по выполнению предписаний планов территориального развития. С другой стороны – ландшафтное планирование обеспечивает разработчиков территориальных планов информационной базой по учету экологических требований и обоснования эколого-ориентированных рекомендаций по преимущественным видам пользования на территории планирования. Задание ландшафтного планирования – определить территории, приоритетные для охраны природы и ландшафта, а также

обосновать с природоохранных позиций другие виды землепользования. В рамках ландшафтного планирования анализируются и оцениваются природные условия – климат и качества воздуха, почвы, виды и биотопы, водная среда, облик ландшафта.

Интеграция ландшафтного планирования возможна на региональном, районном и локальном уровнях территориального планирования. При этом соответствующие планировочные документы (ландшафтная программа, рамочный ландшафтный план, ландшафтный план) и их содержание должны быть адаптированы к требованиям и планировочным категориям территориального планирования. Интеграция ландшафтного планирования может происходить как непосредственно при разработке территориального плана без составления собственно ландшафтного плана (первичное включение), так и после

подготовки ландшафтного плана (вторичное включение). Дополнительная возможность полного представления важного содержания ландшафтных планов в соответствующих территориальных планах заключается в представлении их в виде дополнительных объяснительных карт и планов.

По результатам выполнения рабочих этапов ландшафтного планирования составляют инвентаризационные, оценочные и прогнозные карты и карты природоохранных целей, которые могут быть использованы при разработке отдельных этапов территориального планирования, комплексной оценки территории и подготовки градостроительной документации. Для наиболее эффективной интеграции материалы ландшафтного планирования должны быть выполнены и организованы с помощью геоинформационных технологий.

Литература

1. **Айлікова, Г. В.** Методологічні основи планування території регіонів України : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.20 / Г. В. Айлікова ; МОН України, КНУБА. – Київ, 2015.
2. **Білоконь, Ю. М.** Регіональне планування (теорія і практика) / Ю. М. Білоконь ; за ред. І. О. Фоміна. – К., 2003.
3. **Гавриленко, О. П.** Геоекологічне обґрунтування проектів природокористування : навч. посіб. для студ. вищ. закл. освіти / О. П. Гавриленко. – К., 2003.
4. **Гродзинський, М. Д.** Ландшафтно-функціональний підхід до раціональної організації території / М. Д. Гродзинський, О. Ю. Верех // Вісник Київського університету / Київський університет ім. Т. Г. Шевченка. – К., 1987. – С. 11–15.
5. **Склад** та зміст містобудівної документації на державному та регіональному рівнях : ДБН Б.1.1-13:2012 // Інформаційний бюлетень Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – К., 2012. – № 04.
6. **Про основи містобудування.** Закон України від 16.11.92 р. № 2780-XII : редакція від 01.09.2015 р. // Відомості Верховної Ради (ВВР). – 1992. – № 52. – Ст. 683.
7. **Про засади** державної регіональної політики. Закон України від 05.02.2015 р. № 156-VIII // Офіційний вісник України. – 2015. – № 18. – Ст. 470. – С. 9.
8. **Про Основні засади** (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року. Закон України від 21.12.2010 р. № 2818-VI // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2011. – № 26. – С. 218.
9. **Про охорону** навколишнього природного середовища. Закон України від 25.06.91 р. № 1264-XII // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 1991. – № 41. – Ст. 546. – Останні уточнення від 28.12.2014. – 2015. – № 11. – С. 75.
10. **Картографические** исследования природопользования (теория и практика работ) / Л. Г. Руденко [и др.] ; отв. ред. А. П. Золовский. – К.: АН Украины, Отделение географии Ин-та геофизики им. С. И. Субботина. – 1991.
11. **Конструктивно-географические** основы природопользования в Украинской ССР: Киевское Приднестровье / А. М. Маринич [и др.] ; под. ред. А. М. Маринича. – К., 1988.
12. **Концепція** реформування місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні. Розпорядження Кабінету міністрів України від 1 квітня 2014 р. № 333-р Київ // Верховна Рада України [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/3332014%D1%80#n8>. – Дата доступу : 10.08.2015.
13. **Куйбіда, В. С.** Регіональний розвиток та просторове планування територій : досвід України та інших держав-членів Ради Європи / В. С. Куйбіда, В. А. Негода, В. К. Толкованов. – К., 2009.
14. **Ландшафтне** планування в Україні / Л. Г. Руденко [та інш.] ; під ред. Л. Г. Руденка. – К., 2014.
15. **Містобудування.** Довідник проектувальника / за ред. Т. Ф. Панченко. – К., 2001.
16. **Проблеми** природопользования в трансграничном регионе Белорусского и Украинского Полесья / науч. ред. В. П. Палиенко, В. С. Хомич, Л. Ю. Сорокина ; Институт географии НАН Украины, ГНУ «Институт природопользования» НАН Беларуси. – К., 2013.
17. **Позаченюк, Е. А.** Территориальное планирование / Е. А. Позаченюк. – Симферополь, 2003.
18. **Районная** планировка в Украинской ССР / Б. В. Павлышин [и др.] – Киев, 1982.

19. **Руденко, Л. Г.** Ландшафтне планування та його роль у вирішенні завдань сталого просторового розвитку України / Л. Г. Руденко, Є. О. Маруняк // Український географічний журнал. – 2012. – № 1. – С. 2–8.
20. **Руководство** по ландшафтному планированию : методические рекомендации по ландшафтному планированию / отв. ред. А. В. Дроздов. – М., 2001. – Т. II.
21. **Угода** про асоціацію між Україною та Європейським Союзом // Кабінет Міністрів України [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу : http://www.kmu.gov.ua/kmu/control/uk/publish/article?art_id=246581344. – Дата доступу : 15.08.2015.
22. **Указ** Президента України № 5/2015 «Про Стратегію сталого розвитку «Україна-2020» // Офіційне інтернет-представництво Президента України [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу : <http://www.president.gov.ua/documents/18688.html>. – Дата доступу : 15.08.2015.
23. **Хайланд, Ш.** Ландшафтное планирование в Германии – инструмент упреждения экологических проблем территории / Ш. Хайланд, А. Май // Український географічний журнал – 2009. – № 4. – С. 3–10.
24. **Шищенко, П. Г.** Принципы и методы ландшафтного анализа в региональном проектировании. Монография / П. Г. Шищенко. – К., 1999.
25. **Auhagen, A.** Landschaftsplanung in der Praxis / Auhagen A., Ermer K., Mohrmann (Hrsg.) R. Verlag Eugen Ulmer. – Stuttgart, 2002.
26. **European** Landscape Convention. Florence, 20.X.2000 [Електронний ресурс] // Сайт «Council of Europe». – Режим доступу : <http://conventions.coe.int/Treaty/EN/Treaties/Html/176.htm>. – Дата доступу : 15.08.2015.
27. **Gesetz** über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG) // Ein Service des Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz in Zusammenarbeit mit der juris GmbH [Electronic resource]. – Mode of access : http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bnatschg_2009/gesamt.pdf. – Date of access : 15.08.2015.
28. **Gesetz** über Naturschutz und Landschaftspflege im Freistaat Sachsen (Sächsisches Naturschutzgesetz – SächsNatSchG) // Freistaat Sachsen [Electronic resource]. – Mode of access : http://www.landesangriffsverband-sachsen.de/user_content/files/Informationen/SaechsNatSchG_06062013.pdf. – Date of access : 15.08.2015.
29. **Heiland, S.** Landschaftsplanung / S. Heiland; In: D. Henckel [et al.]. (Hrsg.) // Planen–Bauen–Umwelt. Ein Handbuch. – Wiesbaden, 2010. – S. 294–300.
30. **Jessel, Beate.** Ökologisch orientierte Planung. Eine Einführung in Theorien, Daten und Methoden / Beate Jessel, Kai Tobias. – Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, 2002.
31. **Landschaftsplanung** / [mit Beitr. von: Claus Bittner] ; Christina von Haaren (Hrsg.). – Stuttgart : UTB, Ulmer, 2004.
32. **Millennium** development goals Ukraine – 2013. National report. – Kyiv, 2013.
33. **Riedel, W.** Landschaftsplanung / W. Riedel, H. Lange (Hrsg.). – Heidelberg : Spektrum Akad Verl., 2002.
34. **The Landscape** Plans System as a Tool for Sustainable Development in Ukraine / L. Rudenko [et al.] // Landscape Analysis and Planning / M. Luc, U. Somorowska and J. B. Szmarida (eds.). – Springer International Publishing Switzerland, 2015. – P. 217–244.

Институт географии НАН Украины, Киев, Украина

Поступила в редакцию 15.09.2015 г.

А. Г. Голубцов

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ИНТЕГРАЦИИ ЛАНДШАФТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В УКРАИНЕ

Представлены методические подходы интеграции материалов и результатов ландшафтного планирования в практику территориального планирования. Ландшафтное планирование как отраслевое природоохранное планирование землепользования рассматривается в качестве основы для реализации в территориальном планировании экологических требований, учет которых предусмотрен в законодательстве. Результаты ландшафтного планирования могут быть применены для разработки рекомендаций и усиления аргументации принятия планировочных решений в связи с особенностями природных условий и упреждением экологических проблем. Ландшафтно-планировочные документы, разрабатываемые на разных уровнях административно-территориального устройства, по детальности и степени обобщения результатов соответствуют территориальным планам. Тем не менее требуется адаптация ландшафтно-планировочных способов к принятой в территориальном планировании терминологии и планировочных категорий. Интеграция ландшафтного планирования возможна по сценариям первичного (без разработки отдельного ландшафтного плана) и вторичного (интеграция уже полученных

результатов) включения. Применение материалов и результатов ландшафтного планирования на рабочих этапах разработки территориальных планов зависит от задач, решаемых на каждом из них. На информационно-аналитическом этапе территориального планирования используются базы геоданных о природных условиях и результаты оценивания значимости и чувствительности ландшафтов. На конструктивном этапе разработки планировочных решений анализируются и адаптируются высказывания ландшафтного планирования для определения зон, приоритетных для охраны природы и ухода за ландшафтом, которые должны быть представлены в территориальных планах.

A. G. Golubtsov

THE METHODOICAL APPROACHES OF INTEGRATION OF LANDSCAPE PLANNING IN THE TERRITORIAL PLANNING IN UKRAINE

The methodical approaches of material integration and results of landscape planning in the practice of territorial planning are presented in the article. Landscape planning as a sectoral environmental planning of land using is considered as the basis for the implementation in the territorial planning of environmental requirements which are provided in the legislation. The results of landscape planning can be used to develop recommendations and intensification of argumentation adoption of planning decisions in connection with the features of the natural environment and prevention of environmental problems. Landscape-planning documents developed at various levels of administrative and territorial structure, to detail and degree of summarizing results are relevant to territorial plans. However, the adaptation of landscape planning statements to the accepted terminology in spatial planning and planning categories is required. The integration of spatial planning is possible due to scenario of the primary (without the development of a single landscape plan) and the secondary (integration of the already obtained results) of inclusions. The use of materials and results of landscape planning on working stages of the development of regional plans depends on problems which are solved in each of them. Geo databases of the natural conditions and results of evaluation of significance and sensitivity of landscapes use on the information-analytical phase of territorial planning. Statements of landscape planning for identifying areas of priority for conservation and landscape care, which must be submitted to the territorial plans are analyzed and adapted on the constructive stage of development of planning decisions.

УДК 553.97

Н. И. Тановицкая, Ю. Ю. Навоша, О. Н. Ратникова, Е. П. Леонович**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И БОЛОТ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ
С УЧЕТОМ ИХ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ**

Изложены основные правила и порядок определения направлений использования торфяных месторождений и болот, которые регламентируются техническим кодексом установившейся практики, разработанным сотрудниками Института природопользования НАН Беларуси. Приведены основные положения проекта «Схемы рационального использования торфяных месторождений и охраны болот Витебской области Республики Беларусь на период до 2030 года».

Распределение торфяного фонда по направлениям использования с выделением природоохранного, земельного, разрабатываемого, запасного и нераспределенного целевых фондов ранее было регламентировано «Схемой рационального использования и охраны торфяных ресурсов Республики Беларусь на период до 2010 г.» [2, 5]. В связи с завершением срока действия данной схемы назрела необходимость разработки новой «Схемы рационального использования торфяных месторождений и охраны болот Республики Беларусь на период до 2030 г.»

Торфяной фонд Республики Беларусь быстро изменяется в связи с интенсивным хозяйственным освоением торфяных месторождений и болот [6], что требует пересмотра их распределения по направлениям использования.

Для определения направлений использования болот и торфяных месторождений разработан технический кодекс установившейся практики 17.12-08-2015 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Территория. Правила и порядок определения направлений использования торфяных месторождений и болот» (далее – ТКП).

Распределение торфяных месторождений и болот по направлениям использования, согласно ТКП [9], носит рекомендательный характер, за исключением болот, на которых в законодательном порядке установлен режим охраны и использования природной территории, подлежащей особой и/или специальной охране, и торфяных месторождений, на которые в законодательном порядке оформлен горный отвод. Согласно требованиям ТКП, разработаны Схемы рационального использования торфяных месторождений и охраны болот Республики Беларусь на период до 2030 г. Минской [7], Брестской [8] и Витебской областей.

Витебская область расположена на севере Беларуси и занимает площадь 40,1 тыс. км² в верхнем и среднем течении Западной Двины и верхнем течении Днепра. Рельеф Витебской об-

ласти представляет собой чередование холмистых возвышенностей и расположенных между ними низин. На севере области поднимаются Невельско-Городокские высоты, вытянутые с севера на юг; в основании высот лежит древний девонский вал, поверхность которого покрыта ледниковыми отложениями. В центре и на западе Витебской области находится часть Полоцкой озерно-ледниковой низины, где заболоченные участки чередуются с моренными холмами. К югу от р. Западная Двина простирается Чашникская низина с отдельными моренными грядами. Долина Западной Двины связывает Полоцкую низину с небольшой Суражской низиной (тоже озерно-ледникового происхождения), представляющей, в свою очередь, часть более обширной Демидовской низины, расположенной в соседней Смоленской области. К югу от этих низин между речье Западной Двины и Днепра занято Оршанско-Витебской моренной возвышенностью, достигающей почти 300 м над уровнем моря. На крайнем западе Витебской области, находятся северо-восточная окраина Минской возвышенности – Лукомльская возвышенность, Пышногоры и Матыринская моренная гряда, между которыми расположены участки Верхне-Березинской озерно-ледниковой низины. Юго-восток области занимает окраина Оршанско-Могилевского лесового плато, с высотами до 240 м над уровнем моря и многочисленными оврагами.

Основные судоходные реки: Западная Двина (с притоками Усвяча, Оболь, Полота, Дрисса, Каспля, Лучеса, Улла, Ушачь, Дисна) и Днепр (с притоками Березина, Оршица, Адров и др.) и Березинский канал. На территории Витебской области расположено свыше 2000 озер (крупнейшие – Браславские озера, Освейское, Лукомское).

Леса, преимущественно хвойные и смешанные, занимают 34 % территории области; наиболее крупные, сосново-еловые лесные массивы, находятся на севере Полоцкой низины. В Витебской области расположены националь-

ный парк «Браславские озера» и часть Березинского биосферного заповедника.

В Витебской области находится 3191 торфяное месторождение и болото площадью более 10 га, общая территория которых составляет 421 166 га, или 10,5 %, территории области с оставшимися геологическими запасами торфа 1 097 381 тыс. т.

Из общего количества 509 составляют болота и участки болот, подлежащих особой и/или специальной охране, причем 462 занимают площадь всего торфяного месторождения, остальные 48 представлены их участками.

Распределение торфяных месторождений и болот площадью более 10 га осуществлялось по следующим направлениям использования: болота, подлежащие особой и/или специальной охране; фонд особо ценных видов торфа; разрабатываемый и земельный фонды [9].

При определении направлений использования торфяных месторождений и болот на первом этапе выделяются **болота, подлежащие особой и/или специальной охране**, которые на последующих этапах не включаются в фонды торфяных месторождений. К болотам, подлежащим особой и/или специальной охране, относятся болота или их участки, выполняющие охранные и защитные, средообразующие и биосферные функции в природе, а также используемые в научных и рекреационных целях.

Для выделения болот, подлежащих особой и/или специальной охране, собирается и анализируется следующая информация: кадастровый номер торфяного месторождения [4], наименование, район, нулевая граница, площадь, землепользователь, тип болота, географические координаты, природоохранный национальный и международный статус; наличие и численность диких животных и дикорастущих растений, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь; наличие биотопов и природных ландшафтов, подлежащих специальной охране; значение болот для сохранения биологических ресурсов, биоресурсы (животные и растения), гидрологическая значимость (наличие озер, рек, истоков рек), степень нарушенности болот [9], уровень радиоактивного загрязнения, возможность рекреации и туризма.

Площадь болот Витебской области, подлежащих особой и/или специальной охране, составляет 203 080 га с промышленными запасами торфа 675 814 тыс. т, торфяная залежь которых аккумулирует 3649,4 млн м³ воды и 213,0 млн т углерода. Болота, подлежащие особой и/или специальной охране, наиболее широко представлены в Докшицком, Миорском и Лепельском районах, площади которых составляют 31 464 га, 30 606 га и 20 836 га соответственно (рис. 1).

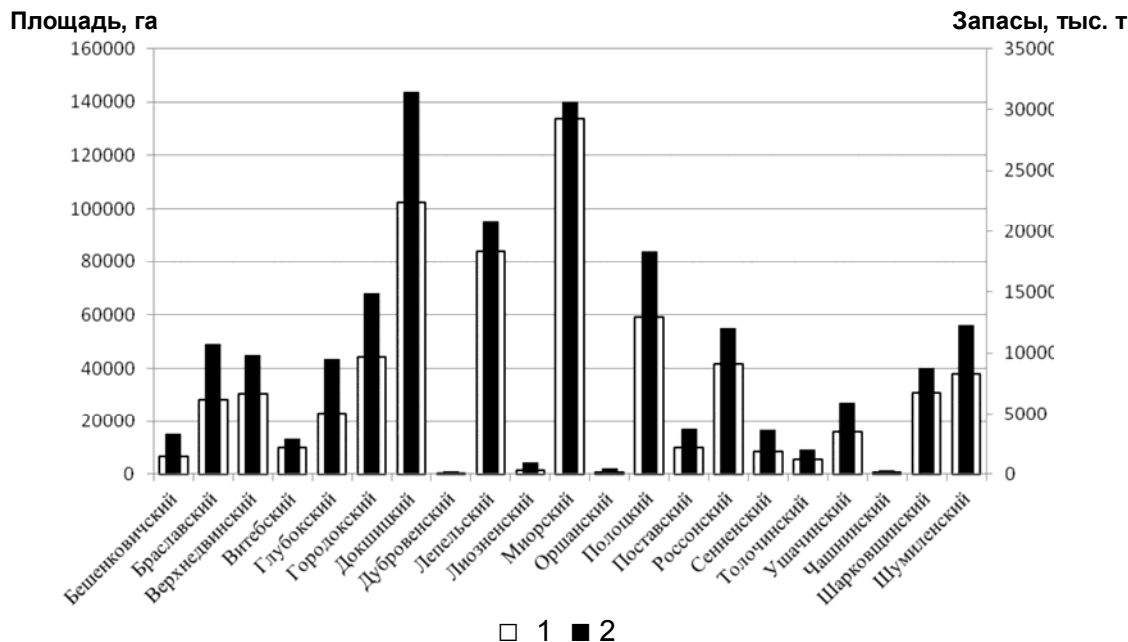


Рис. 1. Распределение болот (участков болот), подлежащих особой и/или специальной охране, по административным районам Витебской области: 1 – площадь болот (участков болот), подлежащих особой и/или специальной охране, га ; 2 – запасы торфа в границах болот (участков болот), подлежащих особой и/или специальной охране, тыс. т

На втором этапе формируется **фонд особо ценных видов торфа**, который состоит из торфяных месторождений, имеющих запасы верхового малоразложившегося торфа и битуминозного торфа для биотермохимической переработки, а также сырья для лечебных целей. Фонд особо ценных видов торфа является перспективной сырьевой базой для будущих наукоемких производств новых видов продукции из торфа (биологически активных препаратов для растениеводства, животноводства, медицины, производства сорбентов многофункционального назначения, красителей, ингибиторов коррозии, восков) [1]. Основные торфяные месторождения этого фонда охраняются в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь «Об установлении ограничений на пользование недрами на отдельных участках» от 12 ноября 2007 г. № 563.

Для торфяных месторождений (их участков), относимых в фонд особо ценных видов

торфа для биотермохимической переработки, анализируются следующие параметры: кадастровый номер торфяного месторождения [4], площадь в границах промышленной глубины торфяной залежи, тип торфяной залежи, географические координаты, современное состояние (использование), степень нарушенности [9], средняя глубина залежи на момент разведки, запасы торфа, степень разложения, зольность, уровень радиоактивного загрязнения, наличие горного отвода, вид торфа, содержание битумов, редуцирующих и гуминовых веществ. Общая площадь болот и торфяных месторождений особо ценных видов торфа Витебской области составляет 6071 га с запасами торфа 18 033 тыс. т. Из них площади участков особо ценных видов торфа и их запасы, расположенные в границах болот (участков болот), подлежащих особой и/или специальной охране, составляют 5324 га, на торфяных месторождениях – 747 га (рис. 2).

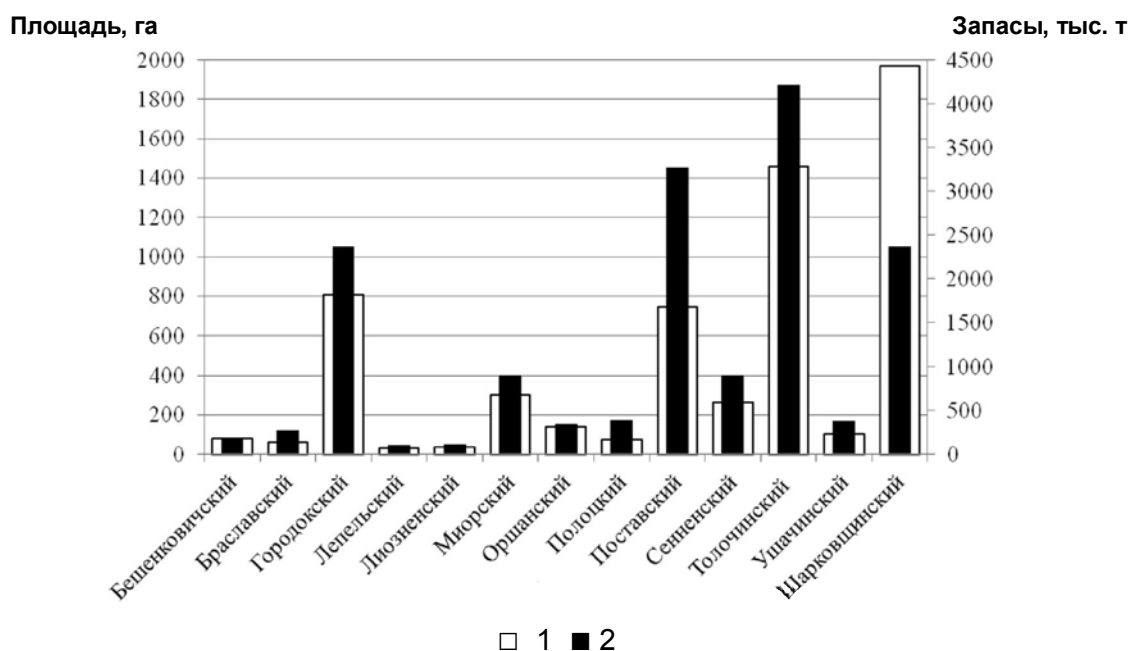


Рис. 2. Распределение торфяных месторождений и болот (участков) фонда особо ценных видов торфа по административным районам Витебской области: 1 – торфяных месторождений и болот (их участков) фонда особо ценных видов торфа, га; 2 – запасы фонда особо ценных видов торфа, тыс. т

На третьем этапе на ближайший период (как правило, на 15–20 лет) и дальнейшую перспективу формируется **разрабатываемый фонд**, в который включены торфяные месторождения (их участки), отведенные для добычи торфа в установленном законодательством порядке, а также перспективные для промышленного освоения.

Информация о торфяных месторождениях (их участках) анализируется на предмет их пригодности для разрабатываемого фонда, при этом учитывается потребность в торфе и торфяной продукции каждого административного района.

В разрабатываемый фонд относят торфяные месторождения (их участки), пригодные по количественным и качественным показателям для добычи торфа для различных направлений использования в соответствии с [9]. Торфяная залежь таких месторождений используется для производства топливно-энергетической продукции (топливные брикеты, фрезерный торф для пылевидного сжигания, кусковой торф), продуктов сельскохозяйственного назначения (удобрения, подстилка, компосты), товаров и составов комплексного освоения (механическая, термическая, химическая и биохимическая переработка).

В разрабатываемый фонд относят торфяные месторождения (их участки), определенные в качестве перспективных для добычи торфа нормативными правовыми актами Президента Республики Беларусь [3] и / или Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 17 июня 2011 г. № 794 «О некоторых вопросах добычи торфа и оптимизации системы, особо охраняемых природных территорий», если на данных территориях отсутствует режим охраны и использования природных территорий, подлежащих особой и/или специальной охране, установленный Президентом Республики Беларусь и / или Советом Министров Республики Беларусь соответственно, за исключением торфяных месторождений (их участков), осушенных закрытым дренажем и не разрабатываемых на момент отнесения в фонды организациями торфяной промышленности.

Для отнесения торфяных месторождений (их участков) в разрабатываемый фонд анализируют следующие показатели: площадь в границах промышленной глубины торфяной залежи, тип торфяной залежи, географические координаты, современное состояние (использование), степень нарушенности, среднюю глубину залежи на момент разведки, запасы торфа, степень разложения, зольность, уровень радиоактивного загрязнения. Запасы торфа разрабатываемого фонда определяют на основании балансовых запасов торфа и в дальнейшем они подлежат уточнению при проведении геологоразведочных работ [10]. Запасы торфа по остальным фондам рассчитываются с учетом процессов минерализации органического вещества и добычи торфа [9].

В разрабатываемый фонд Витебской области отнесены 55 участков торфяных месторождений, отведенных и перспективных для добычи торфа на период до 2030 г. Разрабатываемый

фонд Витебской области по 18 районам включает 34,0 тыс. га с промышленными запасами торфа 114,6 млн т (рис. 3).

Участки торфяных месторождений, предлагаемые в разрабатываемый фонд, представлены следующим образом: земли сельскохозяйственного использования составляют 31 % (10 717 га) территории разрабатываемого фонда, земли Гослесфонда – 65 % (22 284 га), земли запаса и предприятий Минэнерго – 3 % (986 га).

Выбывшие из промышленной эксплуатации после добычи торфа торфяные месторождения или их участки составляют 48179 га, с запасами 116311 тыс. т торфа. Наибольшие площади торфяных месторождений, выбывших из промышленной эксплуатации, находятся в Дубровенском (6460 га), Шумилинском (5707 га) и Докшицком (5257 га) районах.

На выработанных торфяных месторождениях выявлены сельскохозяйственные земли, непригодные по своим природно-генетическим свойствам для возделывания сельскохозяйственных культур в Витебской области – 431 га. Основными причинами непригодности таких земель для сельского хозяйства являются: подтопление из-за низкого положения в рельефе, подстиление остаточного слоя торфа водоупорными грунтами (сапрпель, суглинок, глина), невозможность создания благоприятного водного режима для сельскохозяйственных культур и прохождения техники экономически выгодными методами, а также неблагоприятная реакция среды, наличие карбонатных отложений (мергель, торфотуф, сапрпель), обуславливающих ретроградацию фосфорных удобрений и др. Для таких территорий рекомендовано изменить направление использования с сельскохозяйственного на природоохранное или лесохозяйственное.

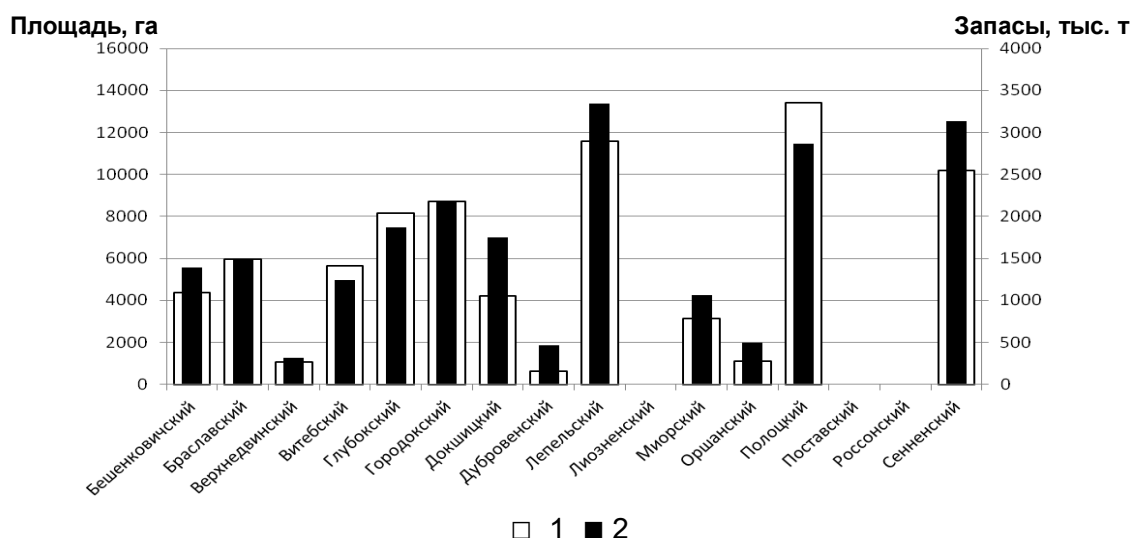


Рис. 3. Распределение торфяных месторождений (участков месторождений) разрабатываемого фонда по административным районам Витебской области:
 1 – площадь торфяных месторождений разрабатываемого фонда, га;
 2 – запасы торфа торфяных месторождений разрабатываемого фонда, тыс. га

На четвертом этапе торфяные месторождения (их участки), оставшиеся после выделения болот и формирования фондов, описанных выше, относят в **земельный фонд**. Это болота и торфяные месторождения (их участки), расположенные на землях сельскохозяйственного назначения, запаса, лесного, водного фондов, включая торфяные месторождения (их участки), которые отвечают критериям разрабатываемого фонда, но не рассматриваются в качестве перспективных для добычи торфа на современном этапе.

Земельный фонд включает мелиорированные для сельского и лесного хозяйств торфяные почвы и торфяные месторождения, не входящие в состав болот, подлежащих особой и / или специальной охране, и не включенные в другие фонды.

Земельный фонд Витебской области составляет 183,4 тыс. га с промышленными запасами торфа 304 664 тыс. т (рис. 4).

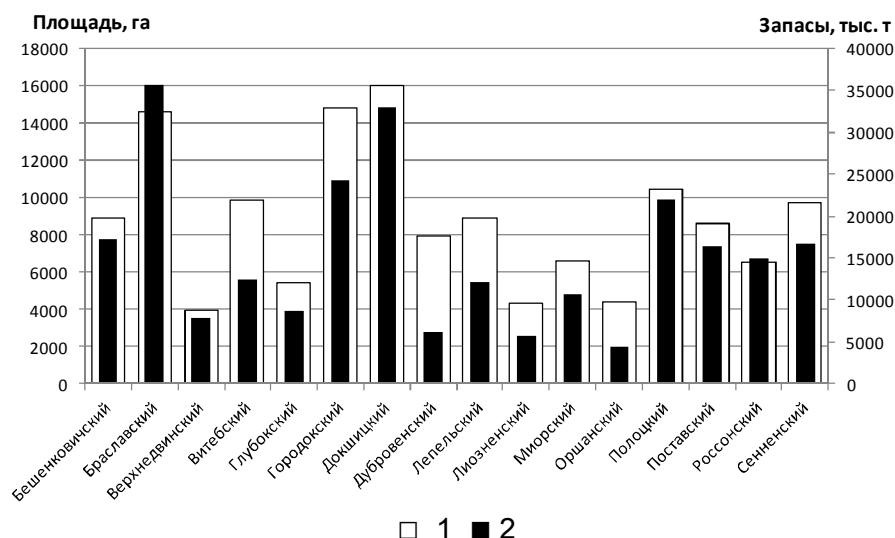


Рис. 4. Распределение торфяных месторождений (участков месторождений) земельного фонда по административным районам Витебской области:
 1 – площадь торфяных месторождений земельного фонда, га;
 2 – запасы торфа торфяных месторождений земельного фонда, тыс. га

Распределение торфяных месторождений и болот Витебской области по направлениям использования показало, что наиболее широко представлены болота, подлежащие особой и специальной охране, которые включают 48 %

территории торфяных месторождений и болот области с запасами торфа 62 % (рис. 5, а).

В земельный фонд входит 44 % площадей торфяных месторождений области с общими запасами торфа 28 % (рис. 5, б).

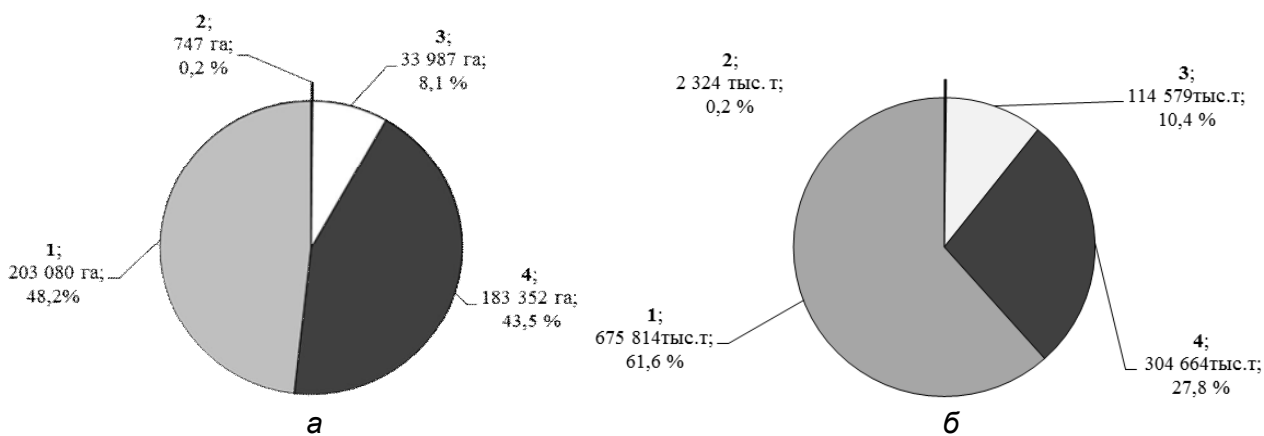


Рис. 5. Диаграмма распределения по направлениям использования площадей (а) и запасов (б) торфа торфяных месторождений и болот Витебской области:
 1 – болота (участки болот), подлежащие особой и/или специальной охране;
 2 – фонд особо ценных видов торфа; 3 – разрабатываемый фонд; 4 – земельный фонд

Фонд особо ценных видов торфа на торфяных месторождениях, доступных для использования, занимает 0,2 % территории торфяных месторождений и болот, на которой сосредоточено 0,2 % запасов торфа Витебской области.

Разрабатываемый фонд Витебской области включает 34,0 тыс. га с промышленными запасами торфа 114,6 млн т или 8 % территории торфяных месторождений области, на которой сосредоточено 10 % запасов торфа Витебской области.

По сравнению с данными «Схемы рационального использования и охраны торфяных ресурсов БССР на период до 2010 г.» общая площадь торфяных месторождений и болот Витебской области изменилась в результате проведения дополнительных изысканий и уточнений с 421,907 до 421,166 тыс. га, запасы уменьшились в результате добычи торфа и минерализации органического вещества с 1163,4 до 1097,4 млн т.

Анализ изменения площадей и запасов торфяных месторождений и болот Витебской области в настоящее время и по состоянию на 1990 г. показал тенденцию к увеличению площади болот, подлежащих особой и/или специальной охране, с 93,4 тыс. га до 203,1 тыс. га (более чем в 2 раза), запасов торфа болот с 348,1 млн т до 675,8 млн т (в 1,9 раза). Площадь разрабатываемого фонда по сравнению с предыдущей Схемой [5] изменилась с 22,8 тыс. га до 34,0 тыс. га, запасы торфа – с 48,3 млн т до 114,6 млн т.

Итогом перераспределения торфяных месторождений и болот по направлениям использования с учетом их современного состояния является согласованный специалистами административных районов и Витебского областного исполнительного комитета проект «Схемы рационального использования торфяных месторождений и охраны болот Витебской области Республики Беларусь на период до 2030 г.».

Литература

1. **Бамбалов, Н. Н.** Использование торфа в качестве органического сырья для химической переработки / Н. Н. Бамбалов // Химия твердого топлива. – Минск, 2012. – № 5. – С. 6–12.
2. **Бамбалов, Н. Н.** Развитие исследований в области генезиса, использования и охраны торфяных месторождений Беларуси / Н. Н. Бамбалов, И. Г. Тановицкий, С. Г. Беленький // Твердые горючие отложения Беларуси и проблемы охраны окружающей среды. – Минск, 1992. – С. 27–39.
3. **Государственная** программа «Торф» на 2008–2010 годы и на период до 2020 года : Утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 23 января 2008 г. № 94.
4. **Торфяной фонд** Белорусской ССР: кадастровый справочник Управление государственного торфяного фонда при Госплане БССР. – Минск, 1979.
5. **Схема** рационального использования и охраны торфяных ресурсов БССР на период до 2010 г. Утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 25 ноября 1991 г. № 440.
6. **Тановицкая, Н. И.** Современное состояние и использование болот и торфяных месторождений Беларуси / Н. И. Тановицкая, Н. Н. Бамбалов // Природопользование. – Минск, 2009. – Вып. 16. – С. 82–89.
7. **Тановицкая, Н. И.** Определение направлений использования торфяных месторождений и болот Минской области / Н. И. Тановицкая, О. Н. Ратникова // Земля Беларуси. – Минск, 2014. – Вып. 4. – С. 28–31.
8. **Определение** направлений использования торфяных месторождений и болот Брестской области / Н. И. Тановицкая [и др.] // Природопользование. – Минск, 2015. – Вып. 27. – С. 126–132.
9. **Охрана** окружающей среды и природопользование. Территория. Правила и порядок определения направлений использования торфяных месторождений и болот – ТКП 17.12–08–2015 (02120).
10. **Охрана** окружающей среды и природопользование. Недра. Правила разработки проекта обоснования границ горного отвода – ТКП 17.04–19–2010 (02120) .

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Поступила в редакцию 19.11.2015 г.

Н. И. Тановицкая, Ю. Ю. Навоша, О. Н. Ратникова, Е. П. Леонович

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И БОЛОТ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ С УЧЕТОМ ИХ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ

Изложены основные правила и порядок определения направлений использования торфяных месторождений и болот, которые регламентируются техническим кодексом установившейся практики «Правила и порядок определения направлений использования торфяных месторождений

и болот», разработанным сотрудниками Института природопользования НАН Беларуси. Согласно основным положениям данного ТКП, разработан проект «Схемы рационального использования торфяных месторождений и охраны болот Витебской области Республики Беларусь на период до 2030 года».

Распределение торфяных месторождений и болот Витебской области площадью более 10 га осуществлялось по следующим направлениям использования: болота, подлежащие особой и/или специальной охране; фонд особо ценных видов торфа; разрабатываемый и земельный фонды.

N. I. Tanovitskaya, Yu. Yu. Navosha, O. N. Ratnikova, E. P. Leonovich

**THE DEFINITION OF DIRECTIONS OF PEATLAND DEPOSITS USE
AND SWAMPS OF Vitebsk REGION ACCORDING THEIR CURRENT STATE**

The basic rules and procedures for definition of directions of peatland deposits use and swamps which are regulated by the technical code of developed practice «Rules and procedure for determining the directions of use of peat deposits and swamps», developed by staff of the Institute for Nature Management of the NAS of Belarus. Due to major provisions of this TKP the project «Schemes of rational use of peatland deposits and protection of swamps of Vitebsk region of the Republic of Belarus for the period till 2030» has been developed.

The distribution of peat deposits and swamps in Vitebsk region with area of 10 ha and more was carried out in the following areas of use: swamps, subjected to specific and / or special protection; fund of valuable species of peat; developed and land funds.

УДК 504.0622

Л. С. Лис, В. Б. Кунцевич, Т. И. Макаренко, И. В. Агейчик

ОБ ОЦЕНКАХ ПРИГОДНОСТИ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ К КОМПЛЕКСНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

Обосновывается использование многофакторного критерия, который применен при выборе пригодных для комплексного освоения торфяных месторождений. Проводится анализ отдельных составляющих этого критерия и представлены подходы к их частным оценкам. Предлагается метод, позволяющий привести различные по размерности показатели к единой шкале. На примере конкретных торфяных месторождений по Крупскому району Минской области опробована предлагаемая методика расчета обобщенного критерия и произведен выбор месторождения, наиболее приемлемого для разработки по качественным, экономическим и экологическим показателям.

Из всех направлений переработки торфа, которые будут развиваться и расширяться в будущем необходимо отдать первостепенное значение технологиям комплексной глубокой переработки этого природного ресурса с получением широкой номенклатуры новой наукоемкой продукции многоцелевого назначения. Такие производства, как показывают многочисленные научно-исследовательские работы в прошлые годы и в настоящее время, относятся в большинстве своем к малотоннажным и безотходным, что обеспечивает высокие экономические показатели. В то же время производство такой продукции требует тщательного подбора сырьевых баз для бесперебойного обеспечения технологических процессов и получения готовой продукции, соответствующей нормативным документам. При этом при выборе пригодных объектов сырьевой базы необходимо учесть большой набор показателей и характеристик торфяной залежи. Это, прежде всего, общетехнические характеристики: тип, вид, ботанический состав, степень разложения, зольность, пнистость. В ряде случаев требуется дополнительно определить теплотворную способность, кислотность, содержание битумов, гуминовых веществ, оксидов кальция и железа. При выборе наиболее эффективных из пригодных объектов следует учитывать и другие важные показатели, а именно: вид планируемой продукции, изученность месторождения (данные геологической разведки), условия подготовки к организации производства, наличие производственной инфраструктуры и транспортной сети, потребность в данной и сопутствующей продукции и т. п. Кроме того, в современных хозяйственных реалиях необходимо оценить и учесть экологические императивы, т. е. уровень влияния планируемого производства на окружающую природную среду с позиций минимизации последствий от планируемых воздействий, что наряду с экономикой учитывается в современном обществе.

Рассмотрим более детально факторы, влияющие на выбор торфяного месторождения, пригодного для таких производств.

Вид планируемой к производству продукции. Общетехнические, физико-химические и другие свойства торфа в большинстве своем индивидуальны для каждого продукта, производимого на основе торфа. Поэтому при выборе месторождения в качестве сырьевой базы в первую очередь ориентируются на продукцию, которая планируется к выпуску на данном предприятии. В значительной степени вид продукции определяет и экологические показатели.

Состав и свойства торфа. Основными техническими свойствами торфа, по которым производится первичная оценка торфяного сырья, являются: тип залежи, ботанический состав, степень разложения, зольность, влажность, кислотность и теплота сгорания. Определение этих показателей считалось обязательным при всех видах разведок торфяных месторождений. Выбор пригодных объектов для разработки осуществляется при последовательном сравнении указанных выше характеристик с показателями, приведенными в технических условиях на сырье для производства конкретной продукции.

При необходимости в дальнейшем учитываются и другие характеристики торфа (вид, группа, компонентный состав и др.).

Гидрологические условия залежи. Оценка такого показателя торфяной залежи важна для подготовки ее к промышленной эксплуатации и в первую очередь для осушения. По сложности проведения осушения торфяные залежи классифицируются по трем категориям: легко-, трудно- и очень трудно осушаемые [4]. Указанный показатель определяется генетическим типом залежи, подстилающей породой и системой водно-физических характеристик, основными из которых являются полная влагоемкость и коэффициент фильтрации.

Генетические типы определены в общем плане: к легко осушаемым отнесены торфяные залежи низинного типа древесных и древесно-моховых групп, к трудно осушаемым – часть

низинных преимущественно травяно-моховых групп и переходные – преимущественно топяных групп. В общих типах осушения в качестве подстилающих пород предполагаются пески. К типу очень трудно осушаемых залежей отнесены в основном верховые глубокозалежные, в которых подстилающий грунт – глины и суглинки. Что касается влияния водно-физических характеристик, то к легко осушаемым торфяным месторождениям относятся такие, у которых полная влагоемкость имеет минимальное значение, а коэффициент фильтрации – максимальное. Именно такое соотношение выдерживается в основном для низинных типов торфа древесных и древесно-моховых групп.

Изученность торфяных месторождений определяется категорией геологической разведки и сроком (годом) ее проведения, что в конечном итоге свидетельствуют о полноте имеющихся данных по характеристикам торфяной залежи и достоверности имеющейся информации. Достоверность данных оценивается временем проведения геологической разведки в связи с тем, что давность разведки связана с изменениями как существующего состояния торфяной залежи, так и важнейших характеристик торфа. Именно время, прошедшее с момента выполнения геологической разведки, определяет в основном объем дополнительных работ, которые необходимо провести для доразведки торфяного месторождения.

Логистический показатель характеризует величину затрат, необходимых не только для организации производства продукции, но и для ее реализации. В этой связи необходимо предусмотреть такие затраты при использовании различных вариантов доставки сырья и готовой продукции. Организация производств по комплексной переработке строится на предположении целесообразности их реализации на действующих в настоящее время предприятиях, путем проведения модернизации технической базы и использования существующей инфраструктуры. Это предположение основано на неизбежной в будущем переориентации действующих предприятий с топливной продукции на выбранный ориентир нетрадиционной новой.

Таким образом, при проектировании любого производства в зависимости от местной обстановки (наличие общедоступных дорог, железнодорожной узкой колеи и обеспеченности автотранспортом) рассчитывается экономика вариантов поставки добытого сырья к месту его переработки и вариантов реализации готовой продукции.

Маркетинговый показатель. При планировании производства продукции обязательным условием является проведение маркетинговых исследований с целью определения объемов ее выпуска, стоимости и потенциальных потребителей. По объему производимой продукции осу-

ществляется выбор сырьевой базы с необходимыми запасами торфа.

Экологический показатель выражает часть затрат, которые вкладываются при организации производства по добыче и переработке торфа как природоохранные. К ним относится целый комплекс работ, мероприятий и устройств, способствующих снижению и ликвидации отрицательного воздействия на окружающую природную среду, на сохранение, совершенствование и рациональное комплексное использование природно-ресурсного потенциала страны. Экологический ущерб от разработки торфяного месторождения и производства продукции на основе торфа состоит из двух обобщенных составляющих: потерь от исключения (изымания) торфяных месторождений из природной экологической системы и потерь от загрязнения природной среды (воздуха и водных объектов). Первая составляющая как экологический ресурс торфяного месторождения заключается в потере водорегулирующей, водоочистительной и депонирующей (сток углекислого газа) функции. Их стоимостная оценка может быть выполнена на основании экологической ренты [5]. Вторая составляющая экологического ущерба оценивается по воздействию выбросов вредных веществ при работе технологического оборудования на подготовке месторождений к эксплуатации и добыче торфа, а также сброса загрязняющих веществ со стоками в водные объекты [3, 4].

Экономическая эффективность всего производства в целом в значительной степени определяется обоснованным выбором сырьевой базы. При этом необходимо учесть большое количество факторов, влияющих на этот выбор и имеющих различную размерность. Очевидно, что в данном случае требуется ввести обобщенный показатель, который преобразовывал бы натуральные значения отдельных показателей в безразмерную величину. Одним из наиболее удобных способов такого преобразования является обобщенная функция желательности Харрингтона. Чтобы получить шкалу желательности, удобно пользоваться готовыми разработанными таблицами соответствий между отношениями предпочтения в эмпирической и числовой системах [1]. Шкала желательности имеет интервал от нуля до единицы, причем на ней имеются две ключевые отметки – $0,63 \approx 1 - (1/e)$ и $0,37 \approx 1/e$. Значение 0,37 обычно соответствует границе допустимых значений показателей.

Для преобразования оценок всех составляющих показателей в безразмерный вид служит кодированная шкала функции желательности, носителем которой построены именованные шкалы составляющих показателей. Эта шкала симметрична, имеет «0» на отметке, соответствующей шкале желательности 0,37, она разделена в большинстве случаев на три интервала в положи-

тельную и отрицательную области. Рекомендуются следующие подходы к принципам построения именованных шкал: нулю кодированной шкалы соответствует граничное значение показателя, а к последнему положительному интервалу привязывается наилучшее значение показателя, оцениваемое на шкале желательности «1».

Рассмотрим конкретный пример. В Крупском районе Минской области требуется произвести выбор сырьевой базы для производства сорбента нефтепоглощающего. Ближайшее действующее торфопредприятие – ОАО «Туршевка».

Объем производства – 2000 т сорбентов в год. Необходимые запасы торфа, с учетом технологических потерь при производстве сорбента, отсева древесных включений, пушицы и пылевидной фракции, – 200 тыс. т 40 % влаги, что обеспечит стабильную работу предприятия на протяжении 35 лет.

Согласно техническим условиям сырьем для производства нефтепоглощающих сорбентов служит торф верхового типа, травяно-моховой группы, степень разложения не более 20 % и зольностью – до 6 %.

Характеристика выбранных для оценки месторождений.

1. Т/м «Мальцы» (кадастровый номер 304).

Тип торфяной залежи – верховой.

Запасы торфа – 1451 тыс. т.

Площадь в промышленных границах – 402 га.

Степень разложения – 17 %.

Зольность – 4,8 %.

Расстояние до ОАО «Туршевка» – 40 км.

По гидрологическим условиям залежь относится к трудно осушаемой.

2. Т/м «Синиченко» (кадастровый номер 305).

Тип торфяной залежи – верховой.

Запасы торфа – 1177 тыс. т.

Площадь в промышленных границах – 218 га.

Степень разложения – 15 %.

Зольность – 3,7 %.

Расстояние до ОАО «Туршевка» – 34 км.

По гидрологическим условиям залежь относится к очень трудно осушаемым.

3. Т/м «Липки» (кадастровый номер 279).

Тип торфяной залежи – верховой.

Запасы торфа – 320 тыс. т.

Площадь в промышленных границах – 128 га.

Степень разложения – 9 %.

Зольность – 4,4 %.

Расстояние до ОАО «Туршевка» – 43 км.

По гидрологическим условиям залежь относится к очень трудно осушаемым.

Для получения кодированных значений составляющих многофакторного критерия (y_i) приняты три равномерных интервала: «–3», «–2», «–1», «+1», «+2», «+3». Причем, интервал «+3» соответствует лучшему значению свойства и на шкале Желательности получает оценку $d = 1$. Чтобы приспособить такую стандартную кривую к реальным частным откликам, рассмотрим пределы изменения основных факторов, влияющих на выбор месторождения. Тип залежи не рассматривается, так как эта характеристика всех трех рассматриваемых объектов идентична (в соответствии с техническими условиями).

1. Степень разложения (y_1). Чем ниже степень разложения торфа, тем выше поглотельная способность сорбента. Так как в Республике Беларусь встречаются залежи верхового типа с низшим пределом степени разложения торфа 5 %, принимаем, что это значение на шкале желательности соответствует единице.

Предельно допустимое значение степени разложения – 20 %, что на кодированной шкале соответствует отметке «0».

2. Зольность (y_2). Зола является балластом в торфе, и чем выше этот показатель, тем хуже качество сорбента. На кодированной шкале за лучший показатель ($d = 1$) принят торф зольностью 2,1 %, так как это реальный минимальный показатель на практике. Ноль на кодированной шкале соответствует предельно допустимому значению зольности (6 %).

3. Логистический показатель (y_3). Согласно статистическим данным экономически целесообразно, если расстояние от мест добычи торфа до пункта его переработки не превышает 50 км. На оси ординат это соответствует желательности 0,37. В некоторых случаях брикетные заводы, из-за истощения рядом расположенных сырьевых баз, вынуждены транспортировать торф и на большие расстояния, что существенно ухудшает

экономические показатели производства, а на кодированной шкале данный показатель входит в отрицательную область.

4. Изученность месторождений (y_4). Все три месторождения исследованы в 1936 г. в результате проведения предварительных разведок (категория C_1).

Количественно степень изученности оценим в баллах. Если присвоить высший балл 5 разведке категории А, выполненной в соответствии с инструкцией 1964 г., а низший балл 2 разведке категории C_2 , выполненной до 1948 г., в нашем случае резонно степень изученности всех трех месторождений оценить в три балла.

5. Гидрологические условия. Данный показатель оценим по пятибалльной системе: легко осушаемые торфяные месторождения – 5 баллов; трудно осушаемые торфяные месторождения – 3 балла; очень трудно осушаемые – 2 балла. Низший балл (2) на кодированной шкале соответствует нулю.

6. Экологический показатель. Воздействие на окружающую среду в результате подготовки месторождения к эксплуатации и добычи на нем торфа детально оценивается в абсолютных величинах на стадии разработки проекта [6]. Однако при решении задач, подобных нашей, можно достичь приемлемого результата, не прибегая к сложным расчетам, а путем

сравнения соответствующих показателей исследуемых объектов.

Извлечение торфяных месторождений из природной среды и потеря водорегулирующей, водоочистительной функции связано с площадью этого месторождения, что в конечном счете равнозначно его запасам. Осушение и выработка части месторождения неизбежно приводит к негативным последствиям на оставшейся территории: снижению уровня стояния грунтовых вод и, соответственно, средней влаги залежи на определенном расстоянии от границ выработанного участка; увеличению уровня пожароопасности. Учитывая эти обстоятельства, существует мнение, что лучшим вариантом, с точки зрения экологии, является тот, когда запасы торфа на месторождении вырабатываются полностью в границах его промышленной глубины (при заданных объемах производства). Принимая за основу изложенные рассуждения, очевидно, что в нашем случае функция желательности выше у месторождения, запасы торфа которого наиболее приближены к расчетному значению (200 тыс. т), которое на кодированной шкале соответствует отметке «+3». За граничное значение (на кодированной шкале отметка «0») приняты запасы в размере 1400 тыс. т.

В табл. 1 приведены натуральные значения качественных и количественных показателей трех месторождений.

Таблица 1. Натуральные значения показателей

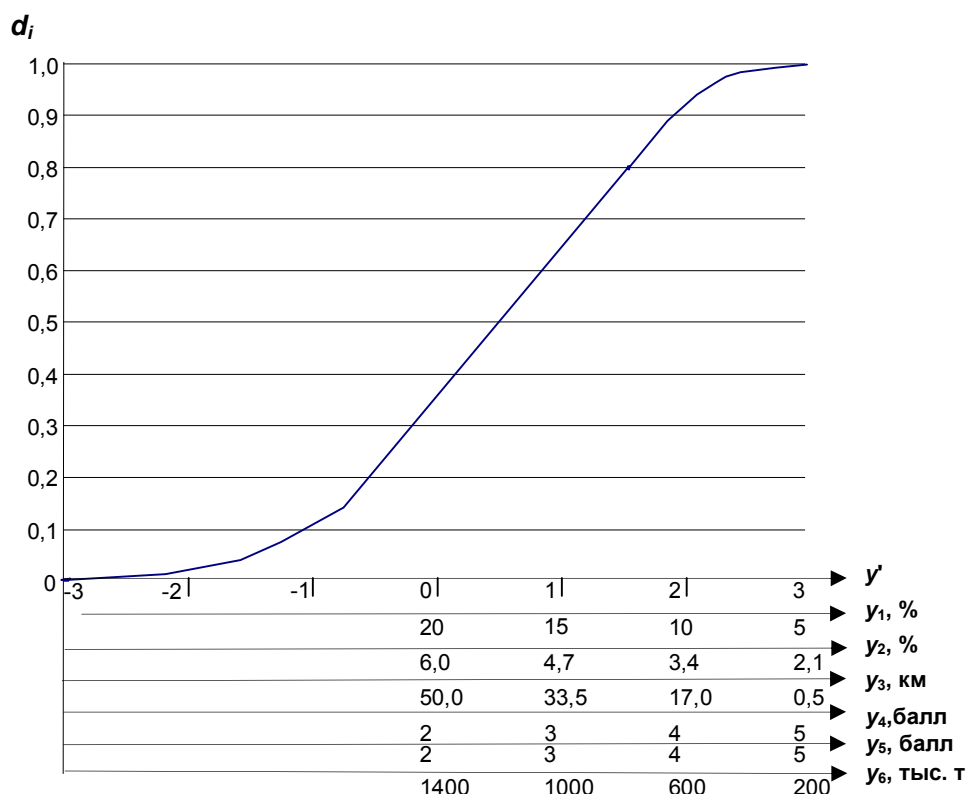
Торфяное месторождение	Натуральные значения откликов					
	Степень разложения (R), % y_1	Зольность (A^c), % y_2	Расстояние до пункта переработки (L), км y_3	Изученность месторождения, балл y_4	Категория осушения, балл y_5	Воздействие на окружающую среду в результате выработки запасов торфа, тыс. т y_6
Мальцы	17	4,8	40	3	3	1451
Синиченко	15	3,7	34	3	2	1177
Липки	9	4,4	43	3	2	320

Шкала желательности для определения наиболее оптимального варианта из трех рассматриваемых месторождений приведена на рисунке.

В табл. 2 приведены частные оценки желательности, полученные на основании рисунка.

Таблица 2. Частные оценки по шкале желательности

Торфяное месторождение	Частные оценки шкалы желательности						
	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	D
Мальцы	0,45	0,62	0,52	0,65	0,65	0,32	0,52
Синиченко	0,63	0,85	0,62	0,65	0,37	0,51	0,59
Липки	0,87	0,68	0,50	0,65	0,37	0,99	0,64



Шкала желательности для выбора торфяного месторождения

Решение о выборе месторождения, наиболее пригодно для добычи торфа – сырья для производства нефтепоглощающего сорбента, принято на основании обобщенной функции желательности, (D), которая определяется как среднее геометрическое частных желательностей (d_i):

$$D = (d_1 \cdot d_2 \cdot d_3 \cdot d_4 \cdot d_5 \cdot d_6)^{1/6}.$$

Для каждого из выбранных торфяных месторождений рассчитана суммарная оценка обобщенного показателя, где D_1 , D_2 , D_3 – обобщенные функции желательности для рассматриваемых месторождений: торфяное месторожде-

ние Мальцы – $D_1 = 0,52$; торфяное месторождение Синиченко – $D_2 = 0,59$; торфяное месторождение Липки – $D_3 = 0,64$.

Лучший показатель получен для торфяного месторождения Липки, которое и рекомендовано для разработки.

Следует отметить, что предложенному методу присущ определенный субъективизм. Очевидно, что при выборе влияющих факторов и пределов их варьирования руководствоваться мнением одного специалиста рискованно. В таком случае необходимо учесть мнение нескольких специалистов. При обобщении ряда мнений между ними рекомендуется воспользоваться методом ранговой корреляции [2].

Литература

1. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М., 1976.
2. Адлер, Ю. П. Введение в планирование эксперимента / Ю. П. Адлер. – М., 1969.
3. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды (одобрена постановлением Госплана СССР, Госстроя СССР, Президиума АН СССР от 21.10.1983 г. № 254/284/134) / Право СССР; Текст документа с изм. и доп. По сост. на 12.10.2006 г.
4. Косов, В. И. / Классификация торфяных залежей по сложности проведения осушения / В. И. Косов, Е. Т. Базин // Машины и технология торфяного производства : Республ. межвед. сб. – Минск, 1985. – Вып. 14. – С. 69–73.
5. Порядок проведения стоимостной оценки экосистемных услуг и определения стоимостной оцен-

ки биологического разнообразия: ТКП 17.02-10-2013 (02120). – Минск : Мин-во прир. рес. и охр. окр. среды Респ. Беларусь, 2013.

6. **Тюруканов, А. А.** Некоторые вопросы эколого-экономической оценки деятельности торфяной промышленности / А. А. Тюруканов // Торфяная промышленность. – 1990. – № 7. – С. 5–8.

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Поступила в редакцию 06.04.2015 г.

Л. С. Лис, В. Б. Кунцевич, Т. И. Макаренко, И. В. Агейчик

ОБ ОЦЕНКАХ ПРИГОДНОСТИ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ К КОМПЛЕКСНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

Для решения задач по выбору пригодных сырьевых баз для производств комплексного освоения торфяных месторождений предложен многофакторный критерий, включающий в свой состав важнейшие характеристики торфа и ряд показателей состояния объекта, технико-экономических особенностей и учета экологических функций. Для включенных показателей разработаны принципы их частных оценок.

Приведение различных по номенклатуре показателей к единой шкале осуществлено с использованием функции желательности Харрингтона, которая широко используется в оптимизационных задачах. На примере выбранных в качестве пригодных для производства нефтепоглощающего сорбента торфяных месторождений произведены построения именованных и оценочных шкал, расчетным путем получена обобщенная оценка многофакторного критерия. На основании этого результата произведен выбор наиболее эффективного объекта для сырьевой базы рассматриваемого производства. Новизна выполненных исследований состоит в использовании метода оценок, который позволяет в определенном плане учесть мнение специалистов по выбору факторов, влияющих на параметры оптимизации.

L. S. Lis, V. B. Kuntsevich, T. I. Makarenko, I. V. Ageichik,

ABOUT ASSESSES OF STABILITY OF PEAT DEPOSITS TO COMPLEX USE

A multifactorial criterion, which includes the most important characteristics of peat and a number of indicators of the state of the object, technical and economic features and the integration of environmental functions in its composition has been proposed to solve the problems of choice of natural sources of raw materials for production of integrated development of peat deposits. For turned indicators principles of their private estimates have been developed.

The bringing of various by the nomenclature parameters of a single scale carried out using the desirability function Harrington, which is widely used in optimization problems. On the example of selected oil absorbing as suitable for the production of peat deposits, the constructing of named and rating scales have been made, and the assess of multifactorial criterion by calculation method. On the base of this result, the choice of the most efficient object for the resource base of the production envisaged has been made. The novelty of the research is the use of the method of assessment, which allows to take into account an opinion of specialists on choosing factors, which influence on optimization parameters.

УДК 536.421.4+532.62

А. Г. Бровка, И. В. Дедюля

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ СИСТЕМЫ ЛЕД–РАСТВОР
ЭЛЕКТРОЛИТА В МАЛЫХ ОБЪЕМАХ**

Рассмотрены условия соблюдения термодинамического равновесия системы лед–раствор в малых объемах. Приведены результаты исследования скорости установления равновесия незамерзших растворов NaCl со льдом в тонких стеклянных капиллярах.

Проблемы массопереноса водорастворимых соединений в промерзающих грунтах и почвах имеют экологическую направленность. Объем незамерзшего в порах раствора определяет кинетику переноса растворенных соединений, в том числе и радионуклидов. Изменение температурного режима приводит к изменению концентрации ионов в поровом растворе и к их перераспределению между фазами лед–раствор. Так как в природных условиях температурный режим почв и грунтов непостоянен, то и равновесие лед–раствор постоянно нарушается. Новое состояние равновесия после очередного изменения температуры наступает не мгновенно, а по истечении некоторого промежутка времени. Скорость установления равновесия в таком случае влияет на интенсивность массопереноса. Кроме того, в тонких порах наблюдаются отклонения от фазовых диаграмм известных для объемных систем. [7]. Сведения о содержании фаз льда и незамерзшего раствора необходимы при прогнозировании миграции растворенных элементов. Цель работы – изучить скорость восстановления равновесия лед–раствор при изменении температуры в модельной системе.

Для исследования проблемы использована модельная система, которая представляла собой стеклянный капилляр, заполненный раствором электролита. В экспериментах использованы стеклянные капилляры, изготовленные в ИТМО НАН Беларуси. Диаметр всех капилляров составлял 10,5 мкм. Качество поверхности капилляров проверялось по движению столбика льда в капилляре под действием перепада давления на его концах. Конструкция рабочей камеры установки позволяла это сделать. Стеклянные капилляры хорошо смачиваются и представляют собой модель поры гидрофильной пористой системы. Опыты проводили с растворами NaCl, KCl и дистиллированной водой.

Проведение и обсуждение эксперимента.

Для проведения эксперимента использована разработанная ранее установка [3, 4]. В отличие от установки, использованной в работе [6], она

позволяла проводить термостатирование замороженного капилляра сколь угодно долго в диапазоне температур $-15\text{ }^{\circ}\text{C} \dots 0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Схема ее рабочей камеры представлена на рис. 1.

Камера установки состоит из массивного медного блока, в котором выфрезерована ванночка 1, заполненная этанолом. В ванночке на специальной фторопластовой подставке помещали запаянный капилляр, содержащий столбик раствора 2. Сверху ванночку закрывали покровным стеклышком 3. Для поддержания заданной температуры через специально выфрезерованные пазы 4 прокачивали термостатирующую жидкость (раствор этанола) от криостата. Вода в тонких порах способна переохлаждаться до температуры в несколько десятков градусов. Поэтому для замораживания раствора в капилляре камеру охлаждали жидким азотом, который заливали в пазы 5. Температуру контролировали двумя дифференциальными термодатчиками 6, измерительные спай которых закрепляли на фторопластовой подставке в непосредственной близости от концов капилляра. Регистрировали температуру с помощью нуль-термостата 7 цифровым вольтметром 8. Камеру размещали на рабочем столике горизонтального компаратора ИЗА-2. При каждой установившейся температуре с помощью отсчетного микроскопа компаратора 9 измеряли длину столбика раствора. Точность измерений длины была не менее 0,5 мкм. Однако реальная ошибка измерений составляла не менее 2–3 %, так как определялась она не точностью оптического прибора, а выбором положений менисков льда и колебаниями температуры. Для обеспечения равномерного распределения температуры в ванночке в камере предусмотрен насос-мешалка 10, который перемешивает жидкость на протяжении всего времени проведения опыта. Установка позволяет поддерживать заданную температуру в ванночке с точностью не менее $\pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На рис. 2 приведены результаты измерений для раствора NaCl с концентрацией 0,1 моль/л и длиной столбика раствора при $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ $l_0 = 34,5\text{ мм}$.

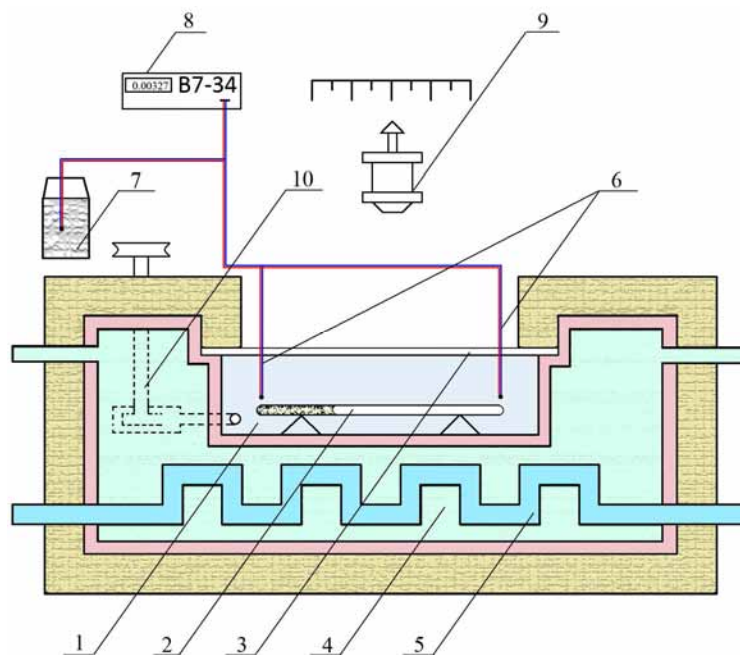


Рис. 1. Схема установки: 1 – ванночка с этанолом; 2 – капилляр; 3 – покровное стеклышко; 4 – пазы для прокачивания антифриза; 5 – пазы для заливки азота; 6 – термопары; 7 – нуль-термостат; 8 – цифровой вольтметр; 9 – отсчетный микроскоп; 10 – насос-мешалка

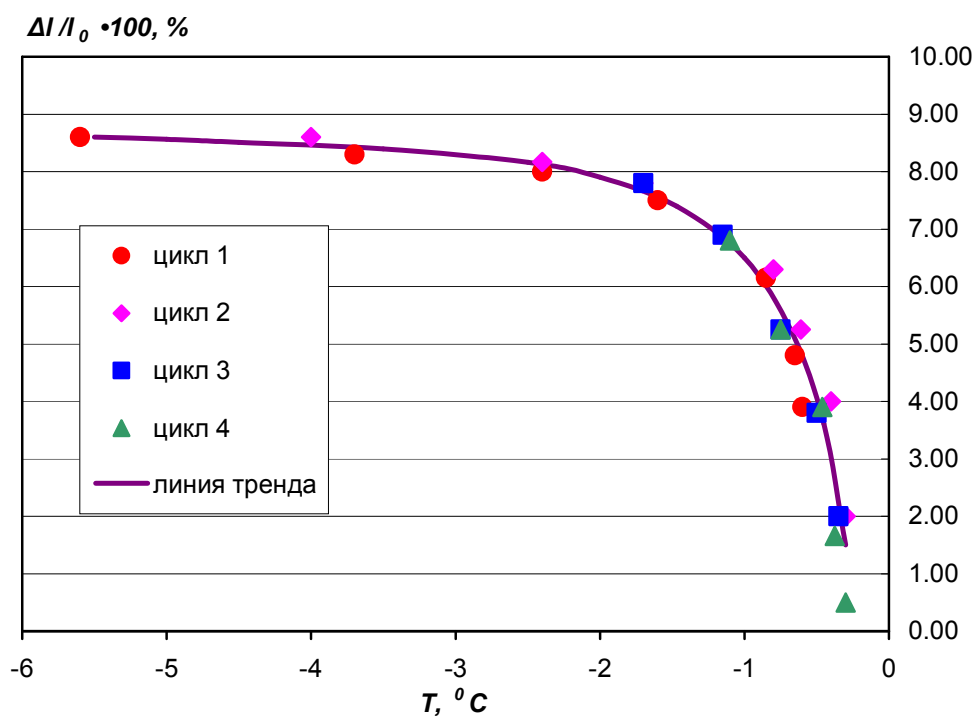


Рис. 2. Зависимость относительного изменения длины столбика замороженного раствора NaCl в капилляре от температуры, $l_0 = 34,5$ мм

На графике отложены: по оси абсцисс – температура, при которой проводили измерения, а по оси ординат – выраженное в процентах, относительное изменение длины столбика $\Delta l / l_0$, что благодаря постоянству диаметра капилляра по всей его длине соответствует отношению $\Delta v / v_0$. Здесь Δv – абсолютное изменение объема жидкости в капилляре, v_0 – объем жидкости при $T = 0$ °С. На графике опущена часть зависимости $\Delta l / l_0$ от температуры, которая отражала процесс замораживания электролита и его последующее нагревание до температуры $-0,6$ °С. В данном случае электролит в капилляре переохладился до температуры -35 °С. После столь глубокого переохлаждения и быстрого замерзания, благодаря адгезии к стенкам капилляра, лед образует разные свои формы и даже содержит зажатые участки незамерзшей воды. Релаксация, т. е. полное замерзание раствора и переход всех форм льда в лед, происходит очень медленно. Для сокращения времени релаксации температуру поднимали до значений, близких к температуре плавления раствора (в данном случае – до $-0,6$ °С). Поскольку капилляр достаточно тонкий, то значительная часть льда оказывалась в поле действия поверхностных сил внутренних стенок капилляра. Лед начинал частично плавиться, и при каждой заданной температуре устанавливалось соответствующее ей термодинамическое равновесие лед–раствор. Плотность воды больше плотности льда, поэтому общий объем системы уменьшался. Поднимать температуру таким образом можно до состояния, пока в растворе присутствует хотя бы один кристалл льда. В противном случае систему вновь придется переохладить жидким азотом. Дальнейшее медленное понижение температуры после ее максимально возможного подъема позволяло осуществить такой режим кристаллизации в капилляре, при котором все растворенные ионы оттеснялись в незамерзающую воду, существующую в виде жидкой прослойки между поверхностью капилляра и льда, а также распределенную между включениями льда. При повторном охлаждении системы до -10 °С (на рис. 1 – цикл 1) относительное изменение объема, полученное для температуры $-5,5$ °С, не изменялось и составило 8,6 %, что близко к теоретическому значению для чистой воды (9,1 %). На графике горизонтальная часть кривой для температур меньше $-5,5$ °С опущена, а очень медленное, длившееся 24 часа новое нагревание до температуры -5 °С не привело к существенному его уменьшению. Скорее всего, состояние равновесия лед–раствор достигнуто не было. Наиболее вероятная причина этого – адгезия льда к стенкам капилляра. Согласно [3, 5], для воды адгезия нарушается при температурах выше $-3,5$ °С, а для растворов электролитов с концентрацией 0,2 моль/л, – начиная с температуры -5 °С.

Из рис. 2 видно (цикл 2), что уменьшение объема начинается только при температуре выше -4 °С. Температура плавления 0,1 мольного водного раствора составляет $-0,186$ °С. В эксперименте температура системы до плавления льда (цикл 4) не поднималась выше $-0,25$ °С. Новое охлаждение (на графике соответствует циклу 3) показывает, что все точки ложатся на одну кривую. Это является доказательством устойчивого равновесия между льдом и раствором в капилляре.

Во втором цикле исследования $\Delta l / l_0 (T)$, который соответствует нагреванию, снята динамика этого процесса (рис. 3). Причем, за первые 10 мин температура была поднята от $-4,2$ до $-2,3$ °С. При этом относительное изменение длины столбика изменилось от 8,6 до 8,28 %, а дальше при температуре $-2,3$ °С происходило термостатирование. За 50 мин было достигнуто состояние равновесия, т. е. за это время объем жидкости в капилляре достиг значения, которое в дальнейшем не изменилось, несмотря на то, что заданную температуру в ванночке поддерживали еще на протяжении 2 ч. Этому объему соответствовало значение

$$\Delta l / l_0 = 8,17 \, \%.$$

Снять подобную кривую для температур выше $-2,3$ °С не получилось, так как время установления равновесия раствор–лед в капилляре практически совпадало со временем выхода всей системы на заданный температурный режим, как при повышении, так и при понижении температуры. При изменении температуры на $0,5$ °С время выхода всей системы на новый температурный режим не превышало 10 мин. Это объясняется ростом толщины пленки незамерзающей воды на поверхности стенки капилляра, что приводит к уменьшению, а при определенной температуре к полному исчезновению адгезии льда к внутренней поверхности капилляра.

Подобные результаты были получены одним из авторов и для растворов других электролитов в тех же самых капиллярах. На рис. 4 представлены аналогичные кривые для 0,1 мольных растворов хлористого калия (KCl), валерианата натрия ($C_5H_9O_2Na$) и дистиллированной воды двойной перегонки. Неоднократное повышение и понижение температуры растворов разных солей в состоянии термодинамического равновесия лед–раствор дает практически одинаковые значения относительного изменения длины столбиков этих растворов в идентичных капиллярах. Обращает на себя внимание близость значений относительного изменения длины столбиков жидкости в капиллярах. Качественно от этих зависимостей не отличается и кривая для дистиллированной воды, где максимальное значение $\Delta l / l_0$ соответствует теоретическому значению изменению объема воды при замерзании в 9,1 %.

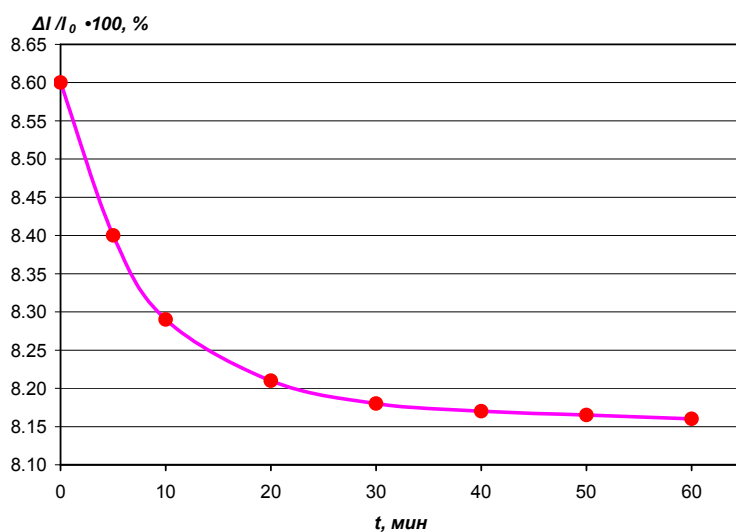


Рис. 3. Зависимость изменения объема электролита от времени, $T = -2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, $l_0 = 34,5\text{ мм}$

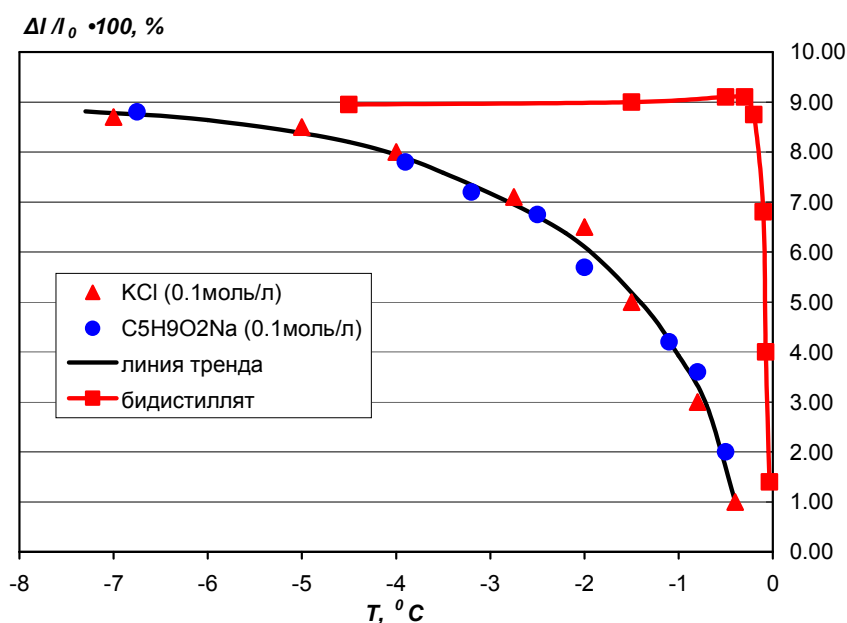


Рис. 4. Зависимость относительного изменения объема жидкостей в капиллярах от температуры

Заключение. Проведенные эксперименты имеют отношение к прогнозированию переноса водорастворимых соединений в промерзающих грунтах и почвах. Они показывают, что для температур выше $-2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, когда содержание незамерзшей воды уже достаточно велико, время установления равновесия лед–раствор в порах влагона-

сыщенных грунтов и почв соответствует реальному времени изменения их температуры. В таком случае прогнозировать движение растворенных ионов можно с помощью гидродинамических уравнений, которые описывают вязкое течение незамерзающих прослоек жидкости под действием градиентов давления и температуры [1, 2].

Литература

1. Бровка, Г. П. Процессы переноса и пучение в промерзающих породах при наличии водорастворимых соединений / Г. П. Бровка, И. В. Дедюля // Коллоидный журнал. – 1996. – Т. 58, № 5. – С. 586–589.
2. Бровка, Г. П. Термокристаллизационное течение тонких прослоек незамерзшей воды в пучках кварцевых волокон / Г. П. Бровка, И. В. Дедюля, Н. В. Чураев // Коллоидный журнал. – 1990. – Т. 52, № 2. – С. 345–348.
3. Дедюля, И. В. Вязкость незамерзающих прослоек водных растворов электролита между льдом и силикатной поверхностью / И. В. Дедюля, Н. В. Чураев // Коллоидный журнал. – 1988. – Т. 50, № 2. – С. 232–236.
4. Дедюля, И. В. Реологические свойства льда с добавками ПАВ / И. В. Дедюля, Н. В. Чураев // Коллоидный журнал. – 1987. – Т. 49, № 3. – С. 559–563.
5. Исследование адгезии льда к поверхности кварцевых капилляров / О. А. Киселева [и др.] // Коллоидный журнал. – 1975. – Т. 37, № 6. – С. 1220–1222.
6. Исследование тонких прослоек жидкости между льдом и поверхностью кварцевых капилляров / С. С. Барер [и др.] // Коллоидный журнал. – 1977. – Т. 42, № 6. – С. 1039–1044.
7. Чураев, Н. В. Выполнение условий термодинамического равновесия в системе лед/раствор электролита в условиях ограниченной геометрии / Н. В. Чураев, О. А. Киселева // Коллоидный журнал. – 2002. – Т. 64, № 6. – С. 842–846.

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Поступила в редакцию 30.09.2015 г.

А. Г. Бровка, И. В. Дедюля

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ СИСТЕМЫ ЛЕД–РАСТВОР ЭЛЕКТРОЛИТА В МАЛЫХ ОБЪЕМАХ

Исследованы температурные зависимости объемов растворов NaCl, KCl, $C_5H_9O_2Na$ (концентрацией 0,1 М) и дистиллированной воды двойной перегонки, замороженных в тонких стеклянных капиллярах (диаметром 10,5 мкм). В области температур выше $-5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и до температуры плавления зависимости являются обратимыми для всех исследованных растворов, что свидетельствует о наличии равновесия в системе лед–раствор. Для раствора NaCl с концентрацией 0,1 моль/л при температуре $-2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ получена динамика изменения объема со временем. Для столбика раствора в капилляре длиной $l_0 = 34,5\text{ мм}$ время выхода системы лед–раствор в состояние равновесие составило 50 мин. При более высоких температурах это же время не превышало время установления заданной температуры в рабочей камере (скорость изменения температуры в камере $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 10 мин). Такое поведение системы объясняется увеличением толщины незамерзающих прослоек воды на поверхности стеклянной стенки капилляра с ростом температуры, которые снижали адгезию замороженных растворов к стенкам.

A. G. Brovka, I. V. Dedyulya

THERMODYNAMIC EQUILIBRATION OF ICE-SOLUTION ELECTROLYTE SYSTEM IN SMALL VOLUMES

Temperature dependences of solutions' volumes NaCl, KCl, $C_5H_9O_2Na$ (concentration 0, 1 M) and distilled water of double distillation, frozen in thick glass capillaries (diameter 10,5 mkm) have been studied. In the area of temperatures which are higher than $-5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ and to melting temperature dependences are reversible for all studied solutions, which is the evidence about the presence of equilibration in ice–solution system. For NaCl solution with concentration of 0,1 mol / l with temperature $-2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ the dynamics of volume change with time has been received. The time of exit of ice–solution system in equilibration state was 50 minutes for the solution column in capillary with the length of $l_0 = 34,5\text{ mm}$. The same time does not exceed the time to establish a predetermined temperature in the working chamber (rate of temperature change in the chamber $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 10 min) at higher temperatures. Such behavior of the system is explained by the increase in the thickness of non-freeze interlayer water on the surface of the glass capillary wall with temperature increase, which reduced the adhesion of frozen solutions to walls.

УДК 001.891:330.131:574

А. В. Краковецкий**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ
К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ
ЕСТЕСТВЕННЫХ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

Предложен ряд методических подходов к определению суммарной экономической ценности естественных болотных экосистем, расположенных на территории Беларуси, с учетом их прямой и косвенной стоимости использования. На примере торфяного месторождения «Седун» проведена сравнительная оценка экономической эффективности прямого использования указанного объекта в топливной промышленности и экотуристической деятельности с определением наиболее экономически эффективного и экологически устойчивого направления использования.

Площадь торфяных месторождений природоохранного фонда, включающих преимущественно естественные болотные экосистемы, на территории Беларуси составляет 312 625 га. Эти месторождения выполняют важнейшие природные и общественные функции: аккумулятивную, биологическую, межкугловоротную, газорегуляторную, геохимическую, гидрологическую, ресурсно-сырьевую, культурно-рекреационную, информационно-историческую. Без объективной экономической оценки естественных болотных экосистем невозможно устойчивое развитие нашей страны.

Целесообразно выделить два направления использования указанных ненарушенных природных территорий: прямое и косвенное. Наиболее перспективным прямым направлением использования естественных болотных экосистем, по нашему мнению, является создание в пределах их территорий объектов экотуризма. Косвенное использование торфяных месторождений природоохранного назначения сводится к сохранению последних в естественном состоянии для выполнения разнообразных экосистемных услуг.

Экономическая оценка естественных болотных экосистем в Беларуси проводится А. В. Унуковичем, Н. И. Тановицкой [10], А. В. Неверовым [5], О. С. Шимовой [9] и рядом других исследователей с применением разных методических подходов.

А. В. Неверов вводит более низкий норматив дисконтирования при стоимостной оценке природных ресурсов, т. е. суть воспроизводственной ренты сводится к более низкому коэффициенту дисконтирования (не 0,08, а 0,05; 0,03 и т. д.). Более низкий норматив дисконтирования позволяет в данном случае при расчетах оценить ту часть продукции экологической сферы (средозащитный и средообразующий эффекты природы), которая не получает денежного выражения в обычном хозяйственном обороте. Тем не менее такая оценка позволяет учитывать только стоимость экологических услуг, без учета непосред-

ственной стоимости использования ООПТ, в качестве объекта экотуризма.

Определение общей экономической ценности естественной болотной экосистемы по А. В. Унуковичу базируется на концепции общей экономической ценности природных благ и объектов раскрытой в работе Д. Диксона «Экономический анализ воздействий на окружающую среду» [3]. Указанная концепция основывается на том, что:

природная среда обеспечивает общество природными ресурсами, оценка стоимости которых возможна по их рыночным ценам;

регулирует природные процессы и ассимиляцию отходов и антропогенных загрязнений, оценка стоимости которых возможна на основе учета затрат на замещения выполняемых природоохранных функций;

обеспечивает людей природными благами и услугами, оценка которых возможна на основе стоимости отложенной альтернативы.

Суммарная стоимостная оценка указанных направлений использования природных объектов может дать представление об их общей экономической ценности лишь на основе комплексного учета всей совокупности их полезных свойств и определяется по формуле

$$TEV = DUV + IUV + OV + NUV, \quad (1)$$

где TEV – величина общей экономической ценности природного объекта (total environmental value); DUV – величина прямой стоимости использования ресурсов природного объекта (direct use value); IUV – косвенная стоимость использования ассимиляционных (восстановительных) функций природного объекта (indirect use value); OV – стоимость отложенной альтернативы, как возможное использование ресурсов и ассимиляционных функций природного объекта в будущем (option value); NUV – стоимость неиспользования (non use value) определяется суммарной величиной, равной EV или BV .

Величина стоимости неиспользования природного объекта (IUV), как правило, определяется стоимостью существования – EV (existence value), т. е. рекреационной способностью природного объекта и стоимостью наследия – BV (bequest value), отражающей, прежде всего, социальные аспекты значимости природного объекта для общества в целом.

Необходимо сразу заметить, что определение стоимости отложенной альтернативы подразумевает под собой проведение экономических расчетов на очень длительный срок (до 50–100 лет), что по нашему мнению, не может в полной мере отражать корректность полученных результатов. Кроме того, определение стоимости неиспользования представляется весьма затруднительным, так как значительная часть населения республики еще не готова платить за сохранение определенных благ и природных объектов для себя и будущих поколений.

Определить величину прямой стоимости использования возможно на основе доходного подхода, при этом под прямым использованием подразумевается развитие экотуризма.

Стоимость косвенного использования позволяет измерить выгоды, создаваемые регулирующими функциями естественных болотных экосистем (определить стоимость экосистемных услуг). Вопросы стоимостной оценки депонирующей и водоочистительной функций естественных болотных экосистем поднимались в работах А. Л. Ямпольского [12–13]. На данный момент рассчитывать косвенную стоимость естественных болотных экосистем целесообразнее на основе ТКП «Методика по определению стоимостной оценки экосистемных услуг и стоимостной ценности биологического разнообразия» [4].

На основе указанного ТКП стоимостную оценку ежегодного поглощения углекислого газа естественной болотной экосистемой предлагается определять по формуле

$$IUV_{CO_2} = P_{CO_2} \cdot A, \quad (2)$$

где IUV_{CO_2} – годовая стоимость связывания CO_2 ; P_{CO_2} – стоимость квот на выбросы углекислого газа на региональном или мировом рынке; A – аккумуляция CO_2 естественной болотной экосистемой, т/год;

Ежегодная аккумуляция диоксида углерода естественной болотной экосистемой рассчитывается по следующей формуле

$$A = 10^4 \times h \cdot \gamma \cdot K_W \cdot K_A \cdot K_C \cdot I \cdot S, \quad (3)$$

где h – ежегодный прирост торфяного слоя в м (для верхового болота – 0,00076; для низинного болота – 0,00035); γ – плотность торфа в залежи в т/м³ (для верхового болота – 1,054; для низин-

ного болота – 1,027); K_W – коэффициент влажности (для верхового болота – 0,09; для низинного болота – 0,105); K_A – коэффициент зольности торфа (для верхового болота – 0,963; для низинного болота – 0,88); K_C – коэффициент содержания углерода в органическом веществе (для верхового болота – 0,556; для низинного болота – 0,585); I – коэффициент перевода углерода в диоксид углерода ($\approx 3,67$); S – площадь естественной болотной экосистемы га; 10^4 – переводной коэффициент из м² в га;

Оценку водоочистительной функции болот предлагается проводить на основе сопоставления фильтрующей способности естественных болотных экосистем с фильтрующей способностью промышленной очистной установки с пропускной способностью в 1500 м³/сут, срок службы которой составляет не менее 50 лет. Цена такой установки в среднем составляет 50 тыс. долл. США [9].

Стоимость косвенного использования болот по естественной очистке воды

$$IUV_{filter} = NPV \frac{S_i \cdot \lambda_{nat}}{i \cdot \lambda_{ind}}, \quad (4)$$

где NPV – годовая приведенная стоимость промышленной очистной установки; $i = 1, 2$ – тип болота (низинные, верховые); S_i – площадь соответствующего типа болота, га; λ_{ind} – фильтрующая способность промышленной очистной установки, м³/сут; λ_{nat} – фильтрующая способность i -го вида болота, которая принимается равной: для верхового болота – 685 м³/(сут. га); для низинного болота – 137 м³/(сут. га).

Таким образом, общая косвенная стоимость (IUV) естественных болотных экосистем

$$IUV = (IUV_{CO_2} + IUV_{filter}) \cdot K_E, \quad (5)$$

где IUV_{CO_2} – то же, что в формуле (2); IUV_{filter} – то же, что в формуле (4); K_E – коэффициент экологической значимости редких видов болот (для верхового болота – 1,3; для низинного болота – 1,0).

Необходимо также отметить, что на основе указанного ТКП можно рассчитать и интегральную стоимостную оценку естественных болотных экосистем. При этом за основной продукт природопользования принимается топливный торф, что, по мнению автора, не вполне верно. Когда мы говорим о естественных болотных экосистемах, т. е. ненарушенных природных территориях, целесообразнее за основной продукт принимать услуги по оказанию экотуризма, по возможности с учетом стоимости продукции, создаваемой болотной растительностью (ягоды, грибы, лечебные травы).

Исходя из указанного выше, целесообразным выглядит разработка методических подходов эколого-экономической оценки торфяных месторождений природоохранного направления использования на основе синтеза отечественной и зарубежной методик. Таким образом, экономическая ценность естественных болотных экосистем для наших целей может быть рассчитана по формуле

$$TEV = DUV + IUUV, \quad (6)$$

где TEV, DUV, IUUV – то же, что в формуле (1).

При этом стоимость прямого использования (DUV) определяется доходным методом как экономическая оценка естественной болотной экосистемы в качестве объекта экотуризма и поставщика ряда биологических ресурсов.

Косвенная стоимость (IUUV) определяется как сумма депонирующей и водоочистительных функций природного объекта, выраженная в денежном эквиваленте, по формуле (5).

Для апробации предложенных подходов было выбрано торфяное месторождение «Седун» перспективного водно-болотного заказника республиканского значения «Янка».

«Седун» – низинное болото в Шарковщинском (1,1 тыс. га) и Браславском (1,2 тыс. га) районах Витебской области, на водосборе реки Янка. Площадь в нулевой границе составляет: 2,3 тыс. га, в границе промышленного освоения – 2,1 тыс. га. Глубина торфа достигает до 5,5 м, средняя глубина торфа – 1,4 м. Степень разложения торфа 26 %, зольность – 8 %, запасы торфа составляют 5 млн т. Торфяное месторождение находится в ненарушенном состоянии, покрыто, главным образом, смешанным лесом с редкими хвойными ассоциациями [11].

Экономическая ценность торфяного месторождения «Седун» как природоохранного объекта складывается из стоимости прямого и косвенного использования и может быть определена по формуле (6).

Стоимость прямого использования рассчитывается на основе доходного подхода с определением следующих ключевых показателей: чистого дохода (NCF), чистого дисконтированного дохода (NPV), накопленного чистого дохода (NCF_{cum}), накопленного чистого дисконтированного дохода (NPV_{cum}), индекса рентабельности инвестиций (PI), внутренней нормы прибыли (IRR) и срока окупаемости капитальных вложений (PP).

Расчеты проведены на десять лет эксплуатации при ставке дисконта равной 10 %. При определении стоимости прямого использования мы исходили из доходов и расходов, образующихся в результате развития экологического туризма и изъятия биологических ресурсов без нарушения природоохранного режима, рассчитанные как нормативные на 1000 га естественной болотной экосистемы [9]. Капитальные (инвестиционные) затраты определены в объеме 84 250

долл. США в расчете на 1000 га угодий [8, 10]. Налог на прибыль определен исходя из действующего налогового законодательства.

Поскольку, в данном примере имеют место единовременные капиталовложения, то накопленный чистый доход (NCF_{cum}) и накопленный чистый дисконтированный доход (NPV_{cum}) рассчитывали по следующим формулам:

$$NSF_{cum} = \sum_{t=1}^T (NSF_t - I_0), \quad (7)$$

где NSF_t – годовой чистый доход; t – порядковый номер года расчетного периода эксплуатации месторождения; T – период эксплуатации месторождения; I₀ – первоначальные инвестиции в освоение месторождения, которые вносятся единовременно на момент начала эксплуатации.

$$NPV_{cum} = \sum_{t=1}^T (NPV_t - I_0), \quad (8)$$

где NPV_t – годовой чистый дисконтированный доход; t, T, I₀ – то же, что в формуле (7).

Индекс рентабельности инвестиций (PI) определяли по формуле

$$PI = \frac{NPV}{I_0}, \quad (9)$$

где NPV – чистый дисконтированный доход за 10 лет эксплуатации торфяного месторождения; I₀ – то же, что в формуле (7).

Косвенная стоимость естественной болотной экосистемы «Седун» рассчитывалась на основе формул (2–4). Стоимость 1 тонны углекислого газа определена на уровне 5,9 долл. США исходя из цен на Европейском рынке квот на выбросы парниковых газов.

Результаты экономической оценки приведены в табл. 1, из которой видно, что общий доход, определяющий стоимость прямого и косвенного использования естественной болотной экосистемы «Седун» на площади 2300 га, составляет по чистому доходу 1863,5 тыс. долл. США, а по чистому дисконтированному доходу – 1145,1 тыс. долл. США в расчете на 10 лет. При этом на прямое использование приходится только 25,5 % общего дохода, т. е. 475,9 тыс. долл. США – прямой чистый доход и 292,4 тыс. долл. США – прямой чистый дисконтированный доход. Кроме того необходимо отметить, что при прямом использовании имеет место достаточно высокий показатель внутренней нормы прибыли – 20,97 %. Также весьма привлекательными выглядят индекс рентабельности инвестиций, который составляет 1,51, и срок окупаемости капиталовложений: чуть более 4 лет по накопленному чистому доходу и пять с половиной лет – по накопленному чистому дисконтированному доходу.

Таблица 1. Оценка экономической эффективности прямого и косвенного использования торфяного месторождения «Седун» в качестве природоохранного объекта (прогноз на 10 лет)

Показатель	Значение
Площадь торфяного месторождения (естественной болотной экосистемы), га	2 300
Годовые доходы от прямого использования (<i>NSR</i>), долл. США	106 559
Общие капитальные вложения, долл. США	193 775
Годовые расходы с учетом налогов, относимых на себестоимость продукции (без амортизации), долл. США	52 776
Амортизация, долл. США	193 775
Балансовая прибыль, долл. США	344 055
Налог на прибыль (18 %), долл. США	61 930
Чистый доход (<i>NSF</i>), долл. США	475 900
Накопленный чистый доход (<i>NSFcum</i>), долл. США	282 125
Чистый дисконтированный доход (<i>NPV</i>) при 10 %-ной ставке дисконта ($r = 10\%$), долл. США	292 417
Накопленный чистый дисконтированный доход (<i>NPVcum</i>), долл. США	98 642
Индекс рентабельности инвестиций (<i>PI₀</i>)	1,51
Внутренняя норма прибыли (<i>IRR</i>), %	20,97
Срок окупаемости капитальных вложений, лет:	
по накопленному чистому доходу	4,07
по накопленному чистому дисконтированному доходу	5,50
Ежегодная стоимость поглощения углекислого газа, долл. США	9676
Ежегодная стоимость естественной очистки воды, долл. США	129 086
Общая годовая косвенная стоимость естественной болотной экосистемы, долл. США	138 762
Общий доход от косвенного использования месторождения «Сядун», долл. США:	
чистый доход (<i>NSF</i>)	1 387 620
чистый дисконтированный доход (<i>NPV</i>)	852 623
Общий доход от прямого и косвенного использования месторождения «Сядун», долл. США:	
чистый доход (<i>NSF</i>)	1 863 520
чистый дисконтированный доход (<i>NPV</i>)	1 145 049

Необходимо заметить, что в соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 17.06.2011 г. № 794 «О некоторых вопросах добычи торфа и оптимизации системы особо охраняемых природных территорий» часть территории восьми месторождений природоохранного фонда переданы в разрабатываемый фонд (см. рисунок) [2, 6]. В общей сложности, согласно названному выше постановлению для осушения и последующей разработки выделено 3350 га природоохранных территорий. Наибольший участок в 1000 га находится в пределах месторождения «Седун». На данный момент окончательное решение по этим месторождениям не принято и находится в стадии согласования [1]. По этой причине автор считает возможным провести сравнительную оценку экономической эффективности использования месторождения «Седун» в качестве природоохранной территории и объекта промышленного освоения для экономического обоснования передачи данного месторождения

в разрабатываемый фонд или же возвращения его в природоохранный фонд.

Основным продуктом промышленного освоения торфяного месторождения «Седун» был выбран топливный брикет. При этом были выполнены расчеты экономической эффективности производства брикета на блочно-модульном мини-заводе.

При оценке модульного завода за основу был взят Лидский модульный мини-завод как наиболее передовое предприятие-аналог. Исходные данные, необходимые для проведения экономической оценки, были предоставлены администрацией ОАО «Торфобрикетный завод Лидский». Отпускная цена торфяного брикета – 53,66 долл. США за тонну.

Налог на прибыль определялся исходя из 18 %-ной ставки в соответствии с действующим налоговым кодексом. С учетом десятилетнего срока функционирования инвестиций для обоих вариантов ставка дисконта определена на уровне 10 %.



Картограмма торфяных болот, частично передаваемых в разрабатываемый фонд, согласно постановлению Совета Министров Республики Беларусь № 794 (составлена автором на основе [2, 6])

Все расчеты проводили в соответствии с ТКП «Правила стоимостной оценки месторождений полезных ископаемых» [7]. При этом, учитывая первоначальные разовые инвестиции, накопленный чистый доход (NSF_{cum}), накопленный чистый дисконтированный доход (NPV_{cum}) и индекс рентабельности инвестиций (PI) рассчитывались по формулам (7–9).

В табл. 2 приведены результаты сравнительной оценки экономической эффективности использования торфяного месторождения «Седун» для получения топливного брикета на модульном мини-заводе и в качестве объекта экотуризма. Из этой таблицы видно, что промышленное освоение месторождения дает в 20 раз больше чистого дохода за 10 лет, чем использование его в качестве объекта экотуризма. В то же время необходимо заметить, что для создания торфобрикетного мини-завода требуется в 21 раз больше инвестиций, чем на развитие экотуризма. Значит, промышленное освоение месторождения «Седун» доступно только крупными предприятиями, имеющими государственную или смешанную форму собственности, либо с привлечением иностранных инвесторов, в то время как организация экотуризма на этой территории доступна силами среднего и малого бизнеса. В любом случае абсолютные показатели модульного мини-завода будут значительно

больше, чем аналогичные для туристического объекта, но при этом относительные показатели, такие, как внутренняя норма прибыли, срок окупаемости капитальных вложений и индекс рентабельности инвестиций, при туристическом использовании месторождения естественной болотной экосистемы «Седун» выглядят более привлекательными. Индекс рентабельности инвестиций при использовании месторождения в качестве объекта экотуризма больше, чем при промышленном освоении и составляет 1,51 против 1,44. Меньше и срок окупаемости капитальных вложений при туристическом использовании: 4,07 лет по накопленному чистому доходу, 5,5 лет по накопленному чистому дисконтированному доходу. В случае промышленного освоения эти же показатели составляют: 4,26 лет и 5,82 года соответственно. Внутренняя норма рентабельности при промышленном использовании – 19,63 %, а при использовании в качестве объекта экотуризма – 20,97 %, т. е. более чем на 1 % ниже. Таким образом, относительные показатели прямого использования торфяного месторождения «Седун» немного выше, чем при промышленном освоении, при этом для организации экотуризма требуется значительно меньше средств инвестора и сохраняется естественная болотная экосистема в ненарушенном состоянии.

Таблица 2. Сравнительная оценка экономической эффективности использования торфяного месторождения «Седун» для получения топливного брикета и в качестве объекта экотуризма (прогноз на 10 лет)

Показатель	Промышленное освоение (торфобрикетный мини-завод), 20 тыс. т брикетов в год	Прямое использование в качестве объекта экотуризма
Площадь торфяного месторождения, га	1000,00*	1000,000*
Годовой доход, тыс. долл. США	1073,80	46,330
Капитальные вложения, тыс. долл. США	1754,20	84,250
Эксплуатационные затраты, тыс. долл. США	761,00	22,946
Амортизация, тыс. долл. США	2806,00	84,250
Налогооблагаемая прибыль, тыс. долл. США	322,00	149,590
Налог на прибыль (18%), тыс. долл. США	57,96	26,926
Чистый доход (NSF), тыс. долл. США	4121,84	206,914
Накопленный чистый доход, тыс. долл. США	2367,64	122,664
Чистый дисконтированный доход (NPV) при r равной 10 %, тыс. долл. США	2532,66	127,138
Накопленный чистый дисконтированный доход, тыс. долл. США	778,46	42,888
Индекс рентабельности инвестиций (PI)	1,44	1,510
Срок окупаемости капиталовложений: по накопленному чистому доходу, лет	4,26	4,070
по накопленному чистому дисконтированному доходу, лет	5,82	5,500
Внутренняя норма прибыли (IRR), %	19,63	20,970

*В данном случае площадь в 1000 га является условной сравнительной величиной, так как расчет экономической эффективности использования торфяного месторождения в качестве объекта экотуризма базируется на нормативных показателях, зависящих от площади. При этом необходимо учитывать, что в реальности при организации промышленного производства в эксплуатацию вовлекается значительно меньшая площадь торфяного месторождения.

Выводы. Естественные болотные экосистемы выполняют важнейшие природные функции обеспечивающие жизнедеятельность населения. Промышленная разработка торфяных месторождений со временем ведет к угнетению столь важных природных функций естественных болотных экосистем, как депонирование углерода и очистка пресной воды. Предложенные в статье методические подходы позволяют провести комплексную эколого-экономическую оценку торфяных месторождений природоохранного назначения с учетом прямой и косвенной стоимости использования этих природных объектов. При этом при определении прямой стоимости использования под основным продуктом природопользования подразумевается экотуризм. Косвенную стоимость рассчитывают исходя из стоимости ряда экосистемных услуг. Как показал пример болота «Седун», развитие экологического туризма на естественных болотных экосистемах выглядит одним из воз-

можных направлений их сохранения с получением при этом определенного дохода, созданием новых рабочих мест, повышением экологической образованности населения. Низкая экологическая грамотность населения Беларуси может явиться одной из главных проблем развития экотуризма у нас в стране, поэтому это направление туризма, должно быть в первое время ориентировано на иностранного туриста, у которого экологическая грамотность выше. При этом необходимо проводить рекламные акции, пропагандирующие защиту окружающей среды, целительное воздействие отдыха на лоне природы для жителей крупных мегаполисов. Кроме перечисленных выше экологических аспектов создание экотуристических объектов с экономической точки зрения требует намного меньше инвестиций, чем промышленное освоение торфяного месторождения, и, следовательно, может способствовать развитию малого и среднего бизнеса.

Литература

1. **Во Всемирный день** водно-болотных угодий компания «В защиту белорусских болот» заявила о расширении направлений деятельности / Дикая природа Беларуси [Электронный ресурс]. – Минск, 2015. – Режим доступа : <http://wildlife.by/node/34013>. – Дата доступа : 06.07.2015.
2. **Восемь болот.** Компания в защиту белорусских болот от осушения [Электронный ресурс]. – Минск, 2015. – Режим доступа : <http://www.eightwetlands.by>. – Дата доступа : 23.08.2015.
3. **Диксон, Д.** Экономический анализ воздействий на окружающую среду / Д. Диксон, Л. Скура, Р. Карпентер, П. Шерман ; пер. с англ. А. Н. Сальникова, С. С. Шалыпиной. – М., 2000.
4. **Методика** по определению стоимостной оценки экосистемных услуг и стоимостной ценности биологического разнообразия / Проект ТКП 17.ХХ-ХХ-20ХХ (02120). – Минск, 2012.

5. Неверов, А. В. Экономическая и эколого-экономическая оценка минеральных ресурсов: методология и методика / А. В. Неверов, Т. П. Водопьянова // Природные ресурсы. – 2004. – № 2. – С. 90–99.
6. О некоторых вопросах добычи торфа и оптимизации системы особо охраняемых природных территорий / Совет Министров Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Минск, 2015. – Режим доступа : <http://www.government.by/ru/solutions/1668>. – Дата доступа : 06.07.2015.
7. Правила стоимостной оценки месторождений полезных ископаемых / ТКП 17.04-08-2008 (02120). – Минск : Минприроды, 2008.
8. Стратегия устойчивого развития экологического туризма в Беларуси / Л. М. Гайдукевич [и др.] ; под общ. ред. Л. М. Гайдукевича, С. А. Хомич. – Минск, 2008.
9. Шимова, О. С. Методические аспекты экономической оценки водно-болотных экосистем / О. С. Шимова, О. Н. Лопачук // Природные ресурсы. – 2007. – № 4. – С. 115–121.
10. Экономическая ценность торфяно-болотных угодий природоохранного назначения / А. В. Унукович [и др.] // Новости науки и технологий. – Минск, 2014. – № 1 (28). – С. 30–41.
11. Энциклопедия природы Беларуси : у 5-і т. / рэдкал.: І. П. Шамякін (гал. рэд.) [і інш.]. – Мінск : Беларус. Сав. Энциклапедыя, 1986 г. – Т. 5.
12. Ямпольский, А. Л. Методические вопросы эколого-экономической оценки торфяных болот / А. Л. Ямпольский // Торф и Бизнес : информ.-аналит. журнал. – М., 2009 г. – № 2(16). – С. 23–29.
13. Ямпольский, А. Л. Разработка методики экономической оценки водоочистительной функции торфяных болот / А. Л. Ямпольский, В. В. Панов, В. И. Толстограй // Биологические ресурсы и природопользование : сб. науч. тр. – Сургут, 2005. – Вып. 8 – С. 169–187.

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

Поступила в редакцию 21.09.2015 г.

А. В. Краковецкий

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННЫХ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Разработаны методические подходы стоимостной оценки естественных болотных экосистем, которые сводятся к определению прямой и косвенной стоимости использования. Прямая стоимость использования может быть рассчитана на основе доходного подхода, когда основным продуктом природопользования являются экотуристические услуги. Косвенную стоимость предлагается определять на основе ТКП «Методика по определению стоимостной оценки экосистемных услуг и стоимостной ценности биологического разнообразия» как сумму ряда экосистемных услуг с учетом коэффициента экологической значимости болот. Предложенные методические схемы были апробированы на примере торфяного месторождения «Седун» Витебской области. Также была проведена сравнительная оценка экономической эффективности использования участка в 1000 га названного месторождения как сырьевой базы для торфобрикетного мини-завода и в качестве объекта экотуризма. Проведенные расчеты показали более высокую экономическую эффективность природоохранного направления использования при значительно меньшем объеме первоначальных инвестиций на развитие экотуризма и сохранении естественных болотных экосистем в ненарушенном состоянии.

A. V. Krakovetsky

METHODICAL APPROACHES TO DETERMINATION OF THE ECONOMIC VALUE OF NATURAL MARSH ECOSYSTEMS

Methodical approaches for valuation of natural marsh ecosystems, which lead to determination of the direct and indirect cost of use have been developed. Direct cost of use can be calculated by the income approach, where ecotourism services are main products of nature management. Indirect cost of use is proposed to determine on the basis of TCP «Methods of determination of the valuation of ecosystem services and the values of biological diversity», as the sum of a number of ecosystem services, taking into account the coefficient of ecological importance of marshes. The proposed methodical schemes were approved by the example of «Sedun» peat deposit in Vitebsk region. There was also a comparative evaluation of economic efficiency in the area of 1000 ha named peat deposit as a source of raw material for mini-peat briquette factory and as an object of ecotourism. The calculations showed a higher economic efficiency of environmental appointment use with much lower initial investment for the development of ecotourism and conservation of natural marsh ecosystems in the undisturbed state.

II. БИОСФЕРНОСОВМЕСТИМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 662.7+631.41

Н. Н. Бамбалов, Д. С. Бачура-Тюликова, М. С. Милевич

ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛИЗА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ТОРФА НА ИЗМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ИХ РАСТВОРОВ

Исследовано поверхностное натяжение растворов ГК низинного и верхового торфа в 2 %-ном растворе гидроксида натрия до и после щелочного и кислотного гидролиза. Основной вклад (более 90 %) в формирование поверхностно-активных свойств ГК торфа вносит негидролизуемая часть их макромолекул, поэтому остатки ГК после щелочного и кислотного гидролиза снижают поверхностное натяжение растворов сильнее, чем исходные ГК, причем снижение поверхностного натяжения в диапазоне концентраций 0,1–0,5 % непропорционально меньше выхода гидролизующих веществ из ГК.

По современным представлениям гуминовые кислоты (ГК) относятся к высокомолекулярным полиэлектролитам [5, 7]. Дифильность отдельных фрагментов макромолекул и возможность к конформационным превращениям обуславливают способность ГК к адсорбции из растворов на границе жидкость–газ [2–8, 11, 12]. Щелочной и кислотный гидролиз ГК изменяют их молекулярную структуру за счет отщепления и перехода в гидролизат значительной части органического вещества. Гидролизуемая часть ГК торфа представлена алифатическими и неконденсированными ароматическими соединениями: углеводами, аминокислотами, органическими кислотами, альдегидами, фенолами, аминосолями и другими веществами, содержащими полярные функциональные группы, например, карбоксильные, карбонильные, аминогруппы, гидроксильные и др. Негидролизуемая часть ГК в результате щелочного и кислотного гидролиза обогащается конденсированными ароматическими фрагментами.

Столь сильное изменение молекулярной структуры при щелочном и кислотном гидролизе изменяет дифильность отдельных фрагментов макромолекул и, следовательно, изменяет способность негидролизующих остатков ГК к адсорбции на границе жидкость–газ. Однако до настоящего времени не ясно, в какой степени щелочной и кислотный гидролиз изменяют поверхностно-активные свойства ГК.

Цель работы – изучить влияние щелочного и кислотного гидролиза ГК торфа на поверхностное натяжение их водно-щелочных растворов.

ГК выделяли из тростниково-осокового торфа месторождения Сергеевичи (тип – низин-

ный, степень разложения – 35 %, зольность 11,3 %, рН в KCl – 5,2) и сосново-пушицевого торфа месторождения Радемы (тип – верховой, степень разложения – 50 %, зольность – 3,3 %, рН в KCl – 3,3). Образцы торфа высушивали до воздушно-сухого состояния в тени на воздухе при 18–22 °С до влажности 12–15 %, после чего измельчили и просеяли через сито с ячейками 1 мм.

Экстракцию ГК осуществляли 0,1 М водным раствором NaOH (0,4 %) при температуре 18–22 °С, модуле 1 : 50. Из полученных экстрактов ГК осаждали соляной кислотой при рН 1,0, осадки отделяли центрифугированием, промывали водой до рН 2,0–3,0, еще раз центрифугировали и вымораживали при температуре минус 4–5 °С, после чего окончательно отмывали от ионов хлора, сушили при 50 °С, растирали в тонкий порошок, который последовательно подвергали сначала щелочному, а затем кислотному гидролизу.

Для проведения щелочного гидролиза навески по 0,2 г ГК помещали в пробирки емкостью 30 мл и добавляли по 20 мл 2 %-ного раствора гидроксида натрия. После растворения ГК пробирки закрывали холодильниками, опускали в кипящую водяную баню на 120 мин, затем пробирки извлекали из водяной бани, охлаждали на воздухе до комнатной температуры и в каждой пробирке осаждали ГК при рН 1,0. В растворе оставались гидролизующие гидроксидом натрия вещества, в осадке – негидролизующие. Осадок отделяли на стеклянном фильтре, отмывали от ионов хлора, сушили при температуре 50 °С и взвешивали. Содержание гидролизующих веществ рассчитывали по разнице между массой органического вещества ГК до и после гидроли-

за. Аналогичным образом осуществляли кислотный гидролиз остатков ГК, полученных в результате щелочного гидролиза, но вместо гидроксида натрия использовали 2 %-ный раствор соляной кислоты. Ошибка определения содержания гидролизуемых веществ составляла $\pm 0,8$ %.

Поверхностное натяжение 0,05–0,50 % растворов ГК в 1 %-ном NaOH определяли стагмометрическим методом [10]. Результаты представлены в таблице и на рис. 1, 2.

Различия между щелочным и кислотным гидролизом состояли не только в составе катализаторов, но и в фазовом составе реакционных смесей. Щелочной гидролиз ГК осуществляли в гомогенной среде, так как гидролизуемое вещество и катализатор находились в водном растворе, что обеспечивало хороший контакт между молекулами ГК, ионами гидроксида натрия и воды. Кислотный гидролиз проходил в гетерогенной среде, так как из-за нерастворимости ГК в кислотах реакционная смесь представляла собой суспензию порошковидных ГК в растворе 2 %-ной HCl.

Содержание веществ, гидролизуемых 2 %-ным раствором гидроксида натрия в ГК низинного древесно-тростникового торфа составило

49,0 %, верхового сосново-пушицевого – 30,7 %, а суммарный выход гидролизуемых веществ в результате последовательного щелочного и кислотного гидролиза составил у ГК из древесно-тростникового торфа 69,0 %, из сосново-пушицевого – 41,4 %. Соответственно, негидролизуемая часть у ГК низинного торфа составляла 31,0 %, верхового торфа – 58,6 %. Особенно интересен факт неожиданно высокого выхода гидролизуемых веществ из ГК низинного торфа, так как только одна треть их органического вещества представлена негидролизуемыми в условиях эксперимента веществами. Более высокая устойчивость ГК верхового торфа к щелочному и кислотному гидролизу объясняется особенностями их генезиса: верховой торф формировался и находился в условиях кислой реакции среды, низинный торф – в условиях слабокислой реакции, поэтому у данных видов торфа были не только разные исходные растения-торфообразователи, но и разные биоценозы, преобразующие отмершие растения в торф. Очевидно, что среда торфогенного слоя верхового болота формирует ГК, более устойчивые к гидролизу, чем ГК низинного болота.

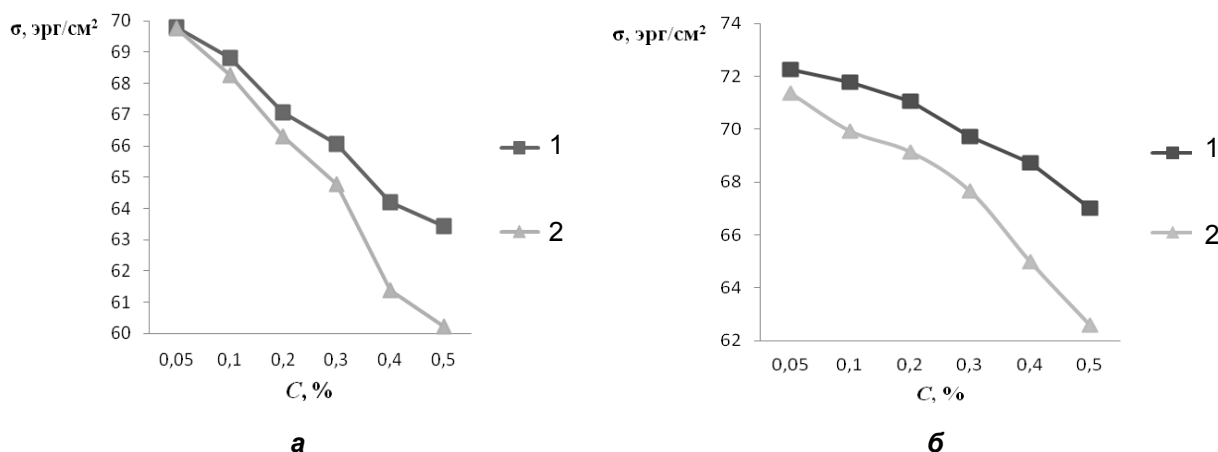
Изменение поверхностного натяжения (σ) растворов ГК под воздействием щелочного и кислотного гидролиза, эрг/см² *

Образец ГК	Концентрация ГК, %									
	0,1		0,2		0,3		0,4		0,5	
	σ	$\Delta\sigma$, %	σ	$\Delta\sigma$, %	σ	σ	$\Delta\sigma$, %	σ	$\Delta\sigma$, %	σ
<i>ГК низинного торфа</i>										
Исходный	68,81	6,03	67,07	8,41	66,07	9,78	64,02	12,58	63,44	13,37
Остаток после щелочного и кислотного гидролиза	68,26	6,79	66,31	9,45	64,78	11,54	61,39	16,17	60,23	17,75
<i>ГК верхового торфа</i>										
Исходный	71,77	1,99	71,05	2,98	69,71	4,81	68,72	6,16	67,02	8,48
Остаток после щелочного и кислотного гидролиза	69,70	4,82	69,13	5,60	68,28	6,76	64,99	11,25	62,59	14,53

*За 100 % принято поверхностное натяжение 1 %-го раствора NaOH (растворителя), равное 73,23 эрг/см².

Данные, представленные в таблице и на рисунке, однозначно указывают на усиление поверхностно-активных свойств ГК торфа под влиянием щелочного и кислотного гидролиза, что выражается в большем снижении поверхностного натяжения раствора остатков после гидролиза по сравнению с исходными образцами ГК. Вместе с тем снижение поверхностного натяжения растворов ГК было непропорционально выходу гидролизуемых веществ, например, при концентрации раствора 0,1 % поверхностное натяжение раствора ГК древесно-тростникового торфа после щелочного и кислотного гидролиза снизилось

лишь на 0,76 % при выходе гидролизуемых веществ 69,0 %. Соответственно, для 0,1 %-ного раствора ГК верхового торфа после щелочного и кислотного гидролиза снижение поверхностного натяжения составило 2,83 % при выходе гидролизуемых щелочью веществ 41,4 %. С увеличением концентрации ГК снижение поверхностного натяжения после гидролиза возрастало, по сравнению с раствором исходных ГК и при концентрации ГК 0,5 % разница составила 4,38 и 6,05 % для ГК низинного и верхового торфа соответственно.



Влияние щелочного и кислотного гидролиза ГК низинного торфа (а) и верхового торфа (б) на поверхностное натяжение растворов гуматов натрия: 1 – исходные ГК; 2 – остаток ГК после щелочного и кислотного гидролиза

Такая непропорциональность между количеством веществ, перешедших в гидролизат, и величиной снижения поверхностного натяжения может быть объяснена особенностями расположения полярных и неполярных фрагментов в макромолекулах ГК.

Как известно, макромолекулы ГК состоят из структурных ячеек (звеньев), имеющих сопряженные двойные связи и соединенных между собой химическими связями, обеспечивающими формирование системы полисопряжения. При содержании углерода в ГК 57 % и карбоксильных групп 2,5–3,0 мг-экв/г из каждых 15–16 атомов углерода один атом в макромолекуле принадлежит карбоксильной группе. Это означает, что карбоксильные группы распределены по всей макромолекуле ГК, а не только по ее концам. Вышесказанное подтверждается данными [1], согласно которым, как минимум часть карбоксильных групп расположена непосредственно у конденсированных ароматических ядер ГК. У ароматических фрагментов молекул находятся и фенольные гидроксилы. Кроме того, другие полярные группы, например, эфирные, карбонильные, спиртовые гидроксилы также распределены по различным фрагментам макромолекулы, а не на ее концах. При таком распределении полярных групп дифильностью обладает не вся макромолекула, а ее отдельные звенья, поэтому макромолекулы ГК не смогут расположиться в поверхностном слое раствора под углом 90° к поверхности, как в классическом варианте частоккола Ленгмюра. Известно, например, что «горизонтальным» способом в адсорбционном слое на границе жидкость–газ располагаются дикарбоновые кислоты и их эфиры [9].

В связи с вышеизложенными особенностями строения макромолекул ГК наиболее вероятно, что они будут располагаться не перпендикулярно, а параллельно поверхности раствора, но отдельные их структурные ячейки будут стремиться к вертикальному расположению по принципу частоккола Ленгмюра, что обеспечивается возможностью конформационных поворотов отдельных звеньев вокруг валентных связей, соединяющих их в макромолекулу [5, 9].

При щелочном и кислотном гидролизе вместе с гидролизуемыми веществами из макромолекул ГК удаляется часть полярных функциональных групп (спиртовые гидроксилы, аминокислоты, альдегидные группы, фенольные, карбоксильные), разрушается часть эфирных групп, что существенно влияет на баланс между гидрофильными и гидрофобными фрагментами в молекулах ГК и на дифильность структурных ячеек.

Следовательно, имеется ряд факторов, обуславливающих изменение дифильности фрагментов макромолекул ГК не пропорционально удалению гидролизуемых веществ, однако в целом в результате гидролиза происходит некоторое усиление поверхностно-активных свойств ГК после щелочного и кислотного гидролиза.

Таким образом, остатки ГК низинного и верхового торфа после щелочного и кислотного гидролиза снижают поверхностное натяжение растворов на сильнее, чем исходные ГК, причем снижение поверхностного натяжения под воздействием негидролизуемых остатков ГК в диапазоне концентраций 0,1–0,5 % непропорционально меньше выхода гидролизуемых веществ из ГК. Основной вклад (более 90 %) в формирование поверхностно-активных свойств ГК торфа вносит негидролизуемая часть их макромолекул.

Литература

1. **Бамбалов, Н. Н.** Взаимодействие известковых удобрений с органическим веществом торфяных почв / Н. Н. Бамбалов // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 2 (49). – С. 65–74.
2. **Боголицын, К. Г.** Поверхностно-активные свойства интерполимерных комплексов на основе гуминовых кислот / К. Г. Боголицын, Т. А. Бойцова, И. А. Паламарчук, О. С. Бровко, А. С. Аксенов // Физико-химия растительных полимеров : материалы V Междунар. конф. – 2011. – С. 150–154.
3. **Ковтун, А. И.** Влияние pH среды на реологические характеристики смесей цетилтриметиламмоний бромида и гумата натрия / А. И. Ковтун, С. Л. Хилько, В. И. Рыбаченко // Наносистемы. – 2011. – Т. 9, № 1. – С. 219–225.
4. **Лиштван, И. И.** Лигногуминовые кислоты: получение и свойства / И. И. Лиштван [и др.] // Вестник БГУ. – 2012. – № 2. – С. 3–7.
5. **Лиштван, И. И.** Физико-химическая механика гуминовых веществ / И. И. Лиштван, Н. Н. Круглицкий, В. Ю. Третинник. – Минск, 1976.
6. **Мальцева, Е. В.** Особенности адсорбционного взаимодействия гуминовых кислот с биоцидами / Е. В. Мальцева, А. А. Иванов, Н. В. Юдина // Журн. физ. химии. – 2009. – Т. 83, № 11. – С. 2175–2179.
7. **Орлов, Д. С.** Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М., 1990.
8. **Парфёнова, Л. Н.** Гидродинамические и поверхностно-активные свойства торфяных гуматов / Л. Н. Парфёнова [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12. – С. 1411–1417.
9. **Пасынский, А. Г.** Коллоидная химия / А. Г. Пасынский. – М., 1963.
10. **Рубина, Х. М.** Практикум по физической и коллоидной химии / Х. М. Рубина, М. А. Добринская, Л. А. Романчук. – М., 1972.
11. **Рябова, И. Н.** Поверхностно-активные свойства гуминовых и сульфохлоргуминовых кислот / И. Н. Рябова, Г. А. Мустафина, З. Г. Аккулова // Коллоидный журн. – 2009. – Т. 71, № 5. – С. 716–718.
12. **Хилько, С. Л.** Адсорбционные характеристики смесей цетилтриметиламмоний бромида и солей гуминовых кислот на границе раздела жидкость–газ / С. Л. Хилько [и др.] // Химия. – 2010. – № 1. – С. 34–40.

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

Поступила в редакцию 25.09.2015 г.

Н. Н. Бамбалов, Д. С. Бачура-Тюликова, М. С. Милевич

ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛИЗА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ТОРФА НА ИЗМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ИХ РАСТВОРОВ

На основании изучения динамики величины поверхностного натяжения растворов гуминовых кислот низинного и верхового торфа в 2 %-ном растворе гидроксида натрия до и после щелочного и кислотного гидролиза показано, что изменение дифильности фрагментов макромолекул ГК не пропорционально удалению гидролизующих веществ, однако в целом в результате гидролиза происходит некоторое усиление поверхностно-активных свойств ГК.

N. N. Bambalov, D. S. Bachura-Tsiulikava, M. S. Milevich

THE INFLUENCE OF HYDROLYSIS OF HUMIC ACIDS OF PEAT TO CHANGING THE SURFACE TENSION OF THEIR SOLUTIONS

On the basis of studying the dynamics of the surface tension of solutions of humic acids of low-moor peat and 2 % solution of sodium hydroxide before and after alkaline and acid hydrolysis is indicated that the change of amphiphilic fragments of HA macromolecules is not proportional to the removal of hydrolysable substances, but in general the hydrolysis is some gain surfactant properties of HA.

УДК 622.7+631.41

С. И. Коврик¹, Н. Н. Бамбалов¹, Г. А. Соколов¹, Н. С. Гаврильчик¹,
В. В. Смирнова¹, К. А. Павлов², М. М. Крышнев²

ОЦЕНКА ПРЕЦИЗИОННОСТИ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВОЙ ДОЛИ РАСТВОРЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ЖИДКИХ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТАХ

Использование результатов статистической обработки массива данных, полученных в ходе межлабораторного эксперимента и проверенных на наличие статистических разбросов и выбросов по критериям Кохрена и Граббса, позволило установить показатели прецизионности методики определения растворенных органических веществ в жидких гуминовых препаратах. Эти исследования были использованы в целях аттестации «Методики определения массовой доли растворенных органических веществ в препаратах гуминовых жидких» (МВИ.МН 4755–2013) в БелГИМ. Сущность метода заключается в выпаривании подкисленной до значения pH 4,0–5,0 пробы гуминового препарата на водяной бане с последующим высушиванием при температуре 90–95 °С, озолении при температуре (600 ± 25) °С и определении массовой доли растворенных органических веществ. Диапазон измерений составляет 0,2–12,0 мас. %.

Применение гуминовых препаратов (ГП) как в традиционном, так и в биологическом земледелии способствует регулированию процессов роста растений. Оно положительно влияет на усвоение питательных веществ, стимулируя процессы дыхания, синтеза белков и углеводов [1, 3, 7, 12–16].

В настоящее время активно проводятся реклама и продажа жидких гуминовых биологически активных препаратов типа «Оксидат торфа», «Гидрогумат», «Гидрогумин», «Гумовет» и т. п. В ближайшие годы спрос на такую продукцию в сельском хозяйстве, ветеринарии, бальнеологии, парфюмерно-косметической промышленности и других отраслях будет возрастать, поскольку эти препараты получают из натурального экологически чистого сырья: торфа, сапропеля, бурого угля и др.

Поскольку разнообразие источников сырья и технологических приемов получения ГП обуславливают высокую вариабельность их свойств [3, 7, 8, 10–12, 14–16], стандартизированные методы контроля их качества до недавнего времени отсутствовали [8]. Это привело к тому, что каждый производитель, как правило, обосновывал свой метод определения содержания механических примесей, гуминовых кислот (ГК) и растворенных органических веществ (РОВ). Очень часто значения массовых долей ГК и РОВ были указаны в пересчете на сухое вещество. Данные характеристики не отражали истинное качество жидких ГП, поскольку значения массовых долей ГК и РОВ на сухое вещество могут быть высокими, а само содержание сухого вещества в ГП низким. Только значения массовых долей механических примесей, РОВ и ГК, указанные в пересчете на массу ГП, могут дать полное представление об истинном качестве ГП [4, 5, 8].

С начала июля 2015 г. контроль за качеством ГП, предназначенных для растениевод-

ства и полученных из торфа, сапропеля, бурого угля, навоза, компоста, биогумуса и их смесей, осуществляется согласно СТБ 2392–2014 «Препараты гуминовые жидкие. Общие технические требования и методы контроля» [6], в котором определение РОВ проводится по аттестованной методике выполнения измерений (МВИ) «Методика определения массовой доли растворенных органических веществ в препаратах гуминовых жидких» [2], которая была разработана Институтом природопользования Национальной академии наук Беларуси в рамках Государственной программы «Торф».

В качестве априорного изучения возможности использования данной методики проводились внутрिलाбораторные исследования по определению содержания РОВ в жидких ГП отечественного производства: «Гумовет» и «Гидрогумин» в пятикратной повторяемости с объемами препаратов 10, 25 и 50 см³.

Из каждой поступившей в лабораторию пробы раствора ГП отбирали по три аликвоты: 10, 25 и 50 см³, помещали их во взвешенные с точностью до 0,001 г фарфоровые чашки, нейтрализовали избыток щелочи 5 %-ной соляной кислотой (по каплям) до pH 4,0–5,0, определяемого по универсальной индикаторной бумаге, и ставили на кипящую водяную баню для выпаривания воды.

Чашки с выпаренным остатком ГП помещали в предварительно нагретый до 90 °С сушильный шкаф и сушили в течение 2 ч при температуре 90–95 °С. По истечении этого времени чашки помещали в эксикатор с хлористым кальцием для охлаждения. Охлажденные до комнатной температуры чашки взвешивали с точностью до 0,001 г; результат записывали в рабочий журнал, после чего чашки сразу же ставили в сушильный шкаф еще на 30 мин при температуре 90–95 °С и затем повторяли операции охлажде-

ния в эксикаторе и взвешивания чашек. Результаты записывали в рабочий журнал. Если результаты двух взвешиваний отличались более, чем на 0,01 г, чашки снова помещали в нагретый до температуры 90–95 °С сушильный шкаф на 30 мин. Эти действия повторяли до тех пор, пока разница между последними двумя взвешиваниями не становилась менее 0,01 г. Меньший результат из двух последних взвешиваний считали окончательным.

Высушенные остатки ГП в этих же чашках помещали в холодную муфельную печь, включали нагрев и прокаливали сухой остаток в закрытой печи при температуре (600±25) °С в течение 2 ч. После этого нагрев отключали. После 3 ч выдерживания (температуру в печи уменьшали приблизительно до 600 °С) чашки с остатком после прокаливания осторожно вынимали щипцами, охлаждали сначала на воздухе в течение 15 мин, а затем в эксикаторе до комнатной температуры и взвешивали с точностью до 0,001 г. Результаты записывали в рабочий журнал. Для контроля чашки с зольным остатком прокаливали в течение 30 мин при температуре (600±25) °С. После охлаждения и взвешивания чашек с остатком после прокаливания определяли изменение массы. Если изменение массы в сторону умень-

шения или увеличения было менее 0,001 г, то испытания заканчивали и для расчета принимали последнее значение массы.

Массовую долю растворенных органических веществ (C^{POB} , %), вычисляли по формуле

$$C^{POB} = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100 - X, \quad (1)$$

где m_1 – масса чашки с сухим остатком до прокаливания, г; m_2 – масса чашки с остатком после прокаливания, г; m – масса ГП, взятого на испытание, г; X – массовая доля механических примесей (%), определение которой представлено в [4].

Массу ГП находили по формуле

$$m = V \cdot \rho, \quad (2)$$

где ρ – плотность ГП, г/дм³; V – объем ГП, взятого на испытание, дм³.

В табл. 1, 2 представлены значения стандартной ошибки определения массовой доли РОВ в ГП «Гумовет» и «Гидрогумин» при выполнении измерений в трехкратной повторности, соответственно.

Аналогичные измерения были проведены в двух-, четырех- и пятикратных повторностях.

Таблица 1. Значения стандартной ошибки определения содержания РОВ в ГП «Гумовет» в зависимости от объема аликвоты при трехкратной повторности определения

Сочетание выборок	Содержание РОВ, %	Среднее содержание РОВ, %	Стандартная ошибка	Содержание РОВ, %	Среднее содержание РОВ, %	Стандартная ошибка	Содержание РОВ, %	Среднее содержание РОВ, %	Стандартная ошибка
	Объем аликвоты – 10 см ³			Объем аликвоты – 25 см ³			Объем аликвоты – 50 см ³		
1	6,65	6,62	0,05	6,62	6,63	0,01	6,68	6,69	0,01
	6,52			6,65			6,70		
	6,70			6,63			6,70		
2	6,65	6,59	0,04	6,62	6,59	0,05	6,68	6,72	0,03
	6,52			6,65			6,70		
	6,61			6,49			6,79		
3	6,65	6,64	0,06	6,62	6,66	0,02	6,68	6,70	0,01
	6,52			6,65			6,70		
	6,74			6,70			6,72		
4	6,52	6,61	0,05	6,65	6,59	0,05	6,70	6,73	0,03
	6,70			6,63			6,70		
	6,61			6,49			6,79		
5	6,52	6,62	0,06	6,65	6,61	0,06	6,70	6,74	0,03
	6,61			6,49			6,79		
	6,74			6,70			6,72		
6	6,52	6,65	0,07	6,65	6,66	0,02	6,70	6,71	0,01
	6,70			6,63			6,70		
	6,74			6,70			6,72		
7	6,70	6,68	0,04	6,63	6,61	0,06	6,70	6,74	0,03
	6,61			6,49			6,79		
	6,74			6,70			6,72		
8	6,65	6,67	0,04	6,62	6,60	0,06	6,68	6,73	0,03
	6,61			6,49			6,79		
	6,74			6,70			6,72		
9	6,65	6,70	0,03	6,62	6,65	0,03	6,68	6,70	0,01
	6,70			6,63			6,70		
	6,74			6,70			6,72		

Таблица 2. Значения стандартной ошибки определения содержания РОВ в ГП «Гидрогумин» в зависимости от объема аликвоты при трехкратной повторности определения

Вариант	Содержа- ние РОВ, %	Среднее значение	Стан- дартная ошибка	Содержа- ние РОВ, %	Среднее значение	Стан- дартная ошибка	Содержа- ние РОВ, %	Среднее значение	Стан- дартная ошибка
	Объем аликвоты – 10 см ³			Объем аликвоты – 25 см ³			Объем аликвоты – 50 см ³		
1	8,41 8,51 8,53	8,48	0,04	8,67 8,28 8,47	8,50	0,13	8,50 7,90 7,94	8,11	0,19
2	8,41 8,51 8,60	8,51	0,05	8,67 8,28 8,93	8,65	0,19	8,50 7,90 8,18	8,19	0,17
3	8,41 8,51 8,34	8,42	0,05	8,67 8,28 8,03	8,35	0,21	8,50 7,90 8,11	8,17	0,18
4	8,51 8,53 8,60	8,55	0,03	8,28 8,47 8,93	8,56	0,19	7,90 7,94 8,18	8,01	0,09
5	8,51 8,60 8,34	8,48	0,08	8,28 8,93 8,03	8,41	0,27	7,90 8,18 8,11	8,06	0,08
6	8,51 8,53 8,34	8,46	0,06	8,28 8,47 8,03	8,26	0,13	7,90 7,94 8,11	7,98	0,06
7	8,53 8,60 8,34	8,49	0,08	8,47 8,93 8,03	8,48	0,26	7,94 8,18 8,11	8,08	0,07
8	8,41 8,60 8,34	8,45	0,08	8,67 8,93 8,03	8,57	0,27	8,50 8,18 8,11	8,26	0,12
9	8,41 8,53 8,34	8,43	0,06	8,67 8,47 8,03	8,41	0,21	8,50 7,94 8,11	8,18	0,17

Во всех вариантах опытов стандартная ошибка определения РОВ не превысила 0,2 %, что свидетельствует о достаточности проведения определения РОВ в ГП в трехкратной повторности.

Анализ полученных данных также показал, что по средним значениям содержания РОВ в ГП и величинам стандартных ошибок наиболее близкие результаты получены для объемов аликвот 10 и 25 см³.

При исследовании ГП с объемом аликвот 50 см³ время выпаривания на кипящей водяной бане составляет около 5 ч, высушивание остатка – около 9 ч, что значительно увеличивает время проведения испытаний. При объеме аликвоты ГП 25 см³ время выпаривания воды составляет около 3 ч, высушивание остатка – около 6 ч; при объеме аликвоты ГП 10 см³ – около 1,5 ч и 3 ч соответственно.

Учитывая, что наименьшее время на проведение испытаний затрачивается при объеме аликвоты ГП 10 см³ и стандартные ошибки при всех объемах аликвот меньше 0,2 %, объем ГП 10 см³ является достаточным для проведения испытаний.

С целью аттестации вышеописанной методики выполнения измерений также проводили

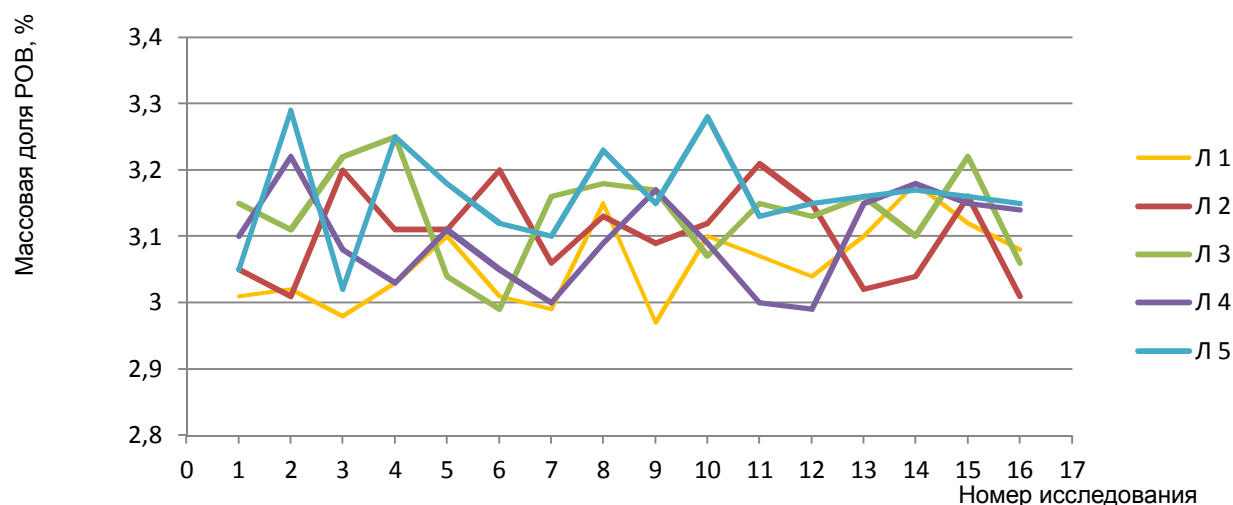
межлабораторные сличительные испытания с участием лаборатории агроэкологии Института природопользования; центральной лаборатории филиала РУП «Белгео»; лабораторно-аналитического исследовательского центра РУП «Институт почвоведения и агрохимии»; испытательной лаборатории отдела изысканий и проектирования открытых горных разработок РУП «Белниитоппроект»; научно-исследовательской аналитической лаборатории Научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства при БГАТУ.

На момент проведения испытаний первые четыре лаборатории были аккредитованы на право проведения испытаний в Национальной системе аккредитации Республики Беларусь.

За результат испытания принимали среднеарифметическое значение результатов двух параллельных определений в пределах допускаемых расхождений. Если расхождение между результатами двух параллельных определений превышало допускаемые значения, проводили третье определение и за результат испытания принимали среднеарифметическое значение результатов двух наиболее близких определений в пределах допускаемых расхождений. Вычисление результатов определений проводили до второго десятичного знака.

точного знака, окончательные результаты округляли до первого десятичного знака. Результаты для оценивания показателей прецизионности МВИ, полученные при определении РОВ во всех

лабораториях, представлены на рисунке. Дальнейшие определения показателей точности измерений устанавливали в соответствии с требованиями [9].



Результаты определения массовой доли РОВ в ГП «Гидрогумин», %:

Л 1 – научно-исследовательская аналитическая лаборатория Научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства при БГАТУ; Л 2 – лабораторно-аналитический исследовательский центр РУП «Институт почвоведения и агрохимии»; Л 3 – лаборатория агроэкологии Института природопользования НАН Беларуси; Л 4 – испытательная лаборатория отдела изысканий и проектирования открытых горных разработок РУП «Белниитоппроект»; Л 5 – центральная лаборатория филиала РУП «Белгео»

Данные проверки стандартного отклонения результатов полученных измерений на наличие разбросов и статистических выбросов по критерию Кохрена представлены в табл. 3. Поскольку

выполняется условие $C_i \leq C_{cr}(v = 16, f = 5, P = 95 \%)$, представленная группа результатов измерений считается корректной.

Таблица 3. Проверка по критерию Кохрена на наличие разбросов и статистических выбросов

	Стандартное отклонение					Статистика Кохрена C_j	$C_{cr} (v = 15;$ $f = 4; P = 95\%)$	$C_{cr} (v = n_{jk} - 1;$ $f = p; P = 95\%)$	Вывод
	Номер лаборатории								
k	Л 1	Л 2	Л 3	Л 4	Л 5				
j	$S_{ij}, \%$	$S_{ij}, \%$	$S_{ij}, \%$	$S_{ij}, \%$	$S_{ij}, \%$				
1	0,1778	0,0533	0,0552	0,0373	0,0200	0,905	0,3645	0,4090	СВ
И		0,0533	0,0552	0,0373	0,0200	0,403	0,3645	0,4090	Р

Примечание: Р – соответствующая группа результатов измерений считается разбросом; СВ – соответствующая группа результатов измерений считается статистическим выбросом.

Согласно данным табл. 3, лаборатория Л 1 является выбросовой, поэтому дальнейшую проверку проводили без нее.

Результаты проверки средних значений результатов групп измерений на наличие разбросов и статистических выбросов по критерию Граббса представлены в табл. 4.

Аналогичный межлабораторный эксперимент по определению массовой доли РОВ был

проведен для ГП типа «Оксидат торфа», «Гидрогумат», «Гумовет» и др. Показатели точности измерений также определяли в соответствии с требованиями [9]. По критериям Кохрена и Граббса подтверждена корректность результатов измерений, полученных в ходе межлабораторного эксперимента.

Таблица 4. Проверка по критерию Граббса на наличие разбросов и статистических выбросов средних значений измерений

	Среднее значения \bar{x}_j								G_j для $(\bar{x}_j)_{\max}, (\bar{x}_j)_{\min}$					$G_{cr}(p = 5)$		Вывод
	Номер лаборатории								Номер лаборатории max и min					99 %	95 %	
	k	Л 2	k	Л 3	k	Л 4	k	Л 5	Л 1	Л 2	Л 3	Л 4	Л 5			
1	9	3,97	12	3,94	6	4,07	12	4,11	$(\bar{x}_j)_{\max}$					1,764	1,715	Результат корректный
2	3	3,98	7	3,98	5	4,08	7	4,08	0,880	1,043	1,230	1,110				
3	7	3,99	11	3,99	16	4,09	11	4,1								
4	1	4	4	4	10	4,1	4	4,09								
5	6	3,98	6	3,98	14	4,08	6	4,09								
6	2	3,98	3	3,98	2		3									
7	4		8	3,98	12	4,1	8	4,08								
8	12	4,08	10	4,08	1	4,08	10	4,09								
9	11		1	3,98	11		1	4,08								
10	16	4,1	5	4,12	7		5	4,1								
11	5	4,1	16	4,12	13	4,11	16	4,1								
12	10	4,09	13	4	9	4,09	13	4,09								
13	13	4,04	15	4,03	8	4,09	15	4,1								
14	15	4,1	9	3,99	3	4,11	9	4,08								
15	8	4	14	4,09	15	4,08	14	4,09	$(\bar{x}_j)_{\min}$							
16	14	3,99	2	4	4	4,06	2	4,08	0,721	0,767	1,528	0,612				
\bar{x}_j		4,029		4,016		4,087		4,091								
s_j		0,081		0,099		0,018		0,017								

Примечание: $(\bar{x}_j)_{\min}$ и $(\bar{x}_j)_{\max}$ – минимальное и максимальное средние значения соответственно.

Математическая модель определения массовой доли ГК в образцах выглядит следующим образом:

$$c = c_{ind} + C_{с.и.} + C_{суб} + C_{мет} + C_{усл}, \quad (3)$$

где c_{ind} – точечная оценка измеряемой величины (массовой доли ГК); $C_{с.и.}$ – поправка, обусловленная несовершенством используемых средств измерений; $C_{суб}$ – поправка, обусловленная особенностями оператора; $C_{мет}$ – поправка, обусловленная несовершенством метода измерения; $C_{усл}$ – поправка, обусловленная несоответствием условий измерения нормальным.

Входные величины $c_{ind}, C_{с.и.}, C_{суб}, C_{мет}, C_{усл}$ могут в свою очередь, зависеть от других величин, включая поправки и поправочные коэффициенты на систематические эффекты. В математической модели измерения все входные величины рассматривают как некоррелированные.

Анализ входных величин и оценку их неопределенности проводили по аналогии с анализом, представленным в [4, 5]. Для оценивания неопределенности результата измерений, полученных в ходе межлабораторного эксперимента, использовали комбинированный подход. Согласно данному подходу, относительную стандартную неопределенность $\frac{u_c(x)}{x}$ оценивают по формуле

$$\frac{u_c(x)}{x} = 100 \sqrt{\sigma_R^2 - \frac{\sigma_f^2}{2} + \left[\frac{u(x)}{\bar{x}} \right]_{\max}^2}, \quad (4)$$

где σ_R^2 – относительное стандартное отклонение воспроизводимости, %; σ_f^2 – относительное стандартное отклонение повторяемости, %; $\left[\frac{u(x)}{\bar{x}} \right]_{\max}$ – максимальное значение относительной стандартной неопределенности массовой доли ГК в образце.

Тогда относительная расширенная стандартная неопределенность рассчитывается из уравнения

$$U = \frac{2u_c(x)}{x}. \quad (5)$$

Относительные стандартные отклонения воспроизводимости и повторяемости (σ_R^2 и σ_f^2) являются результатом статистической обработки массива результатов измерений, полученного в ходе межлабораторного эксперимента. В основу такой статистической обработки положен дисперсионный анализ.

Максимальное значение относительной стандартной неопределенности массовой доли ГК в образце $\left(\left[\frac{u(x)}{\bar{x}} \right]_{\max} \right)$ представляет собой наибольшее значение неопределенности, обусловленное приготовлением растворов из стандартного образца.

Таким образом, используя результаты статистической обработки массива результатов измерений, полученных при межлабораторном эксперименте, по формулам (3) и (4) были определены относительная стандартная неопределенность и расширенная стандартная неопределенность массовой доли ГК в образцах (табл. 5).

Таблица 5. Данные для оценивания относительных стандартных неопределенностей массовой концентрации органического вещества в образцах для проведения эксперимента

ОВ	Промежуточная оценка				
	$\sigma_R^2, \text{‰}$	$\sigma_T^2, \text{‰}$	$\left[\frac{u(X)}{X}\right]_{\max}^2, \text{‰}$	$\frac{u_c(x)}{x}, \text{‰}$	$U, \text{‰}$
	47,45498	22,71185	0,016	6,1	12,2

Согласно этим данным, результаты измерения массовой доли РОВ можно представить в виде

$$C = (c \pm U) \% \quad (k = 2, p = 95 \%) \text{ или} \\ C = (c \pm U) \%, \quad (6)$$

где число, следующее за знаком \pm , является численным значением расширенной неопределенности $U = ku_c(c)$, причем U найдено из суммарной стандартной неопределенности $u_c(c)$ и коэффициента охвата $k = 2$, основанного на нормальном распределении, и определяет интервал, оцененный как имеющий уровень доверия 95 %.

Таким образом, результаты межлабораторного эксперимента, проведенного в пяти раз-

личных лабораториях с использованием алгоритма статистической обработки, позволили установить показатели прецизионности и точности МВИ по определению массовой доли РОВ в ГП. Характеристики функционирования во всех лабораториях для всех измеряемых величин не превысили предупреждающих границ и признаны удовлетворительными. Диапазон измерений МВИ составляет 0,2–12 %, так как достаточно трудно получить ГП с более высоким содержанием РОВ. Представленные данные были использованы для прохождения аттестации МВИ «Методика определения массовой доли растворенных органических веществ в препаратах гуминовых жидких» в БелГИМ [2]. Аттестованная МВИ занесена в национальный реестр методик выполнения измерений (МВИ.МН 4755–2013).

Литература

1. **Malcolm, R. L.** Effects of humic acid fractions on invertase activities in plant tissues / R. L. Malcolm, D. Vaughan // Soil Biology & Biochemistry. – 1978. – Vol. 11. – P. 65–72.
2. **Методика** определения массовой доли растворенных органических веществ в препаратах гуминовых жидких: МВИ. МН 4755-2013 : свид-во № 802/2013 от 30.10.2013.
3. **Орлов, Д. С.** Практикум по химии гумуса : учебное пособие / Д. С. Орлов, Л. А. Гришина. – М., 1981.
4. **Оценка** показателей прецизионности методики определения массовой доли механических примесей в жидких гуминовых препаратах / С. И. Коврик [и др.] // Природопользование. – Минск, 2014. – Вып. 26. – С. 160–165.
5. **Оценка** показателей прецизионности методики определения массовой доли гуминовых кислот в жидких гуминовых препаратах / С. И. Коврик [и др.] // Природопользование. – Минск, 2015. – Вып. 27. – С. 217–221.
6. **Препараты** гуминовые жидкие. Общие технические требования и методы контроля : СТБ 2392–2014. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2015.
7. **Применение** комплексных гуминовых микроудобрений «Элегум» : рекомендации / М. В. Рак, В. В. Лапа, Г. А. Соколов / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т природопользования, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2013.
8. **Создать** научно-методическую базу для сертификационной оценки качества продукции, производимой на основе торфа для сельского хозяйства и охраны окружающей среды : отчет о НИР (заключ.) / Нац. акад. наук Беларуси, Институт природопользования ; рук. темы Н. Н. Бамбалов, Г. А. Соколов. – Минск, 2013. – № ГР 20122617.
9. **Точность** (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений : СТБ ИСО 5725–2–2002. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2002.
10. **Удобрения** жидкие гуминовые на основе торфа. Технические условия : ГОСТ 54249–2010.
11. **Удобрение** органоминеральное «Биогум». Технические условия : ГОСТ Р 50335–92.
12. **Христева, Л. А.** Применение гумата натрия в качестве стимулятора роста / Л. А. Христева, В. А. Реутов // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения : сб. науч. тр. – Днепрпетровск, 1973. – Т. 4. – С. 308–310.
13. **Христева, Л. А.** Стимулирующее влияние гуминовой кислоты на рост высших растений и природа этого явления / Л. А. Христева // Гуминовые удобрения: теория и практика их применения. – Харьков, 1957. – С. 75–93.

14. **Спектральные** свойства водных растворов промышленных гуминовых препаратов (продолжение) [Электронный ресурс] / Д. М. Шубина [и др.] // Вода: химия и экология. – 2010. – № 3. – С. 21–25. – Режим доступа : <http://watchemec.ru/article/11000/>. – Дата доступа : 09.02.2015.
15. **Юшкова Е. И.** Биологическая активность гуминового комплекса различного происхождения и его влияние на рост и развитие растений : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Е. И. Юшкова. – Воронеж, 2010.
16. **Якименко, О. С.** Гуминовые препараты и оценка их биологической активности для целей сертификации / О. С. Якименко, В. А. Терехова // Почвоведение. – 2011. – № 11. – С. 1334–1343.

¹Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Поступила в редакцию 28.09.2015 г.

**С. И. Коврик, Н. Н. Бамбалов, Г. А. Соколов,
Н. С. Гаврильчик, В. В. Смирнова, К. А. Павлов, М. М. Крышнев**

ОЦЕНКА ПРЕЦИЗИОННОСТИ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВОЙ ДОЛИ РАСТВОРЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ЖИДКИХ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТАХ

Проанализированы результаты межлабораторных сличительных испытаний по определению массовой доли растворенных органических веществ в жидких гуминовых препаратах с использованием методов математической статистики (критерии Кохрена и Граббса). Установлено, что характеристики функционирования во всех пяти лабораториях для всех измеряемых величин не превысили предупреждающих границ и признаны удовлетворительными.

Полученные данные позволили не только аттестовать МВИ «Методика определения массовой доли растворенных органических веществ в препаратах гуминовых жидких» в системе БелГИМ, но и разработать СТБ 2392–2014 «Препараты гуминовые жидкие. Общие технические требования и методы контроля». Диапазон измерений МВИ составляет 0,2–12,0 мас. %.

**S. I. Kovrik, N. N. Bambalov, G. A. Sokolov,
N. S. Gavrilchik, V. V. Smirnova, K. A. Pavlov, M. M. Kryshnev**

THE ASSESS OF PRECISION TECHNIQUE OF MASS FRACTION DEFINITION OF DISSOLVED ORGANIC SUBSTANCES IN LIQUID HUMIC PREPARATIONS

Results of interlaboratory studies to determine the collation of mass fraction of dissolved organic substances in liquid humic preparations with the use of mathematical statistics methods (Cochran's Q test and Grubbs) have been analyzed. It was found that the characteristics of the operation in all five laboratories for all measured values had not exceed the warning limits and have been found to be satisfactory.

The data allowed not only to certify MVI «Methods for determination of dissolved organic substances in the preparation of liquid humic» in the BelGIM system, but also to develop STB 2392-2014 « Liquid humic preparations. General technical requirements and test methods». The measuring range of MVI is 0,2–12,0 wt. %.

УДК 582.284:66.081.3

А. Э.Томсон¹, И. А. Гончарова², Т. В. Соколова¹, Н. Е. Сосновская¹,
В. С. Пехтерева¹

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ТВЕРДОФАЗНОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ КСИЛОТРОФНЫХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД ОТ ПОЛЛЮТАНТОВ

Исследована сорбционная активность отработанного субстрата твердофазного культивирования ксилотрофных базидиальных грибов по отношению к ионам тяжелых металлов и другим поллютантам водных сред. Выявлено, что лигноцеллюлозные субстраты (солома, древесные опилки) после воздействия грибных метаболитов могут быть использованы в качестве биосорбентов для первичной обработки стоков и технологических растворов с высокой концентрацией токсичных веществ, оказывающих губительное воздействие на микроорганизмы активного ила.

Самыми распространенными и самыми эффективными способами детоксикации городских и промышленных стоков сложного химического состава являются различные модификации очистки активным илом в системе биологических очистных сооружений. Особой проблемой является очистка стоков от тяжелых металлов, которые ухудшают эффективность биологической очистки. Соли тяжелых металлов в высоких концентрациях не только загрязняют водные и почвенные экосистемы, но и подавляют жизнедеятельность микроорганизмов активного ила, расщепляющего вредные органические соединения [4]. Даже фоновые концентрации токсичных металлов могут негативно влиять на эффективность биологической очистки, а при залповых сбросах вод, содержащих токсичные металлы, существует опасность ее полной остановки. В режиме продленной аэрации ионы меди и железа при концентрациях более 10 мг/л оказывают непосредственное токсичное действие на активный ил, хотя в его сообществе могут встречаться микроорганизмы, устойчивые к концентрации в субстрате меди до 100 мг/л [7]. Наиболее уязвимое место в традиционных технологиях биологической очистки сточных вод – неконтролируемые залповые сбросы, преодолеть последствия которых помогает разделение процесса на отдельные стадии.

Для извлечения из стоков ионов тяжелых металлов хорошо себя зарекомендовали сорбционные методы очистки. Кроме традиционных сорбентов (ионообменные смолы, активированные угли) дешевой альтернативой применения характеризуется перспективное использование биосорбентов на основе органических отходов. В качестве таких отходов может служить отработанный лигноцеллюлозный субстрат твердофазного культивирования в промышленных масштабах высших базидиальных грибов [2]. Ксило-

трофные базидиомицеты занимают особое место, как среди грибов, так и среди организмов-разрушителей древесины в целом. Они обладают уникальной способностью расщеплять основные компоненты клеточных стенок древесины: целлюлозу и лигнин – один из самых устойчивых биополимеров в природе. Согласно литературным данным, большинство ксилотрофных грибов обладает противоопухолевым, антибактериальным действием, ранозаживляющим, иммуномодулирующими и другими ценными свойствами, в связи с этим возрастают объемы их потребления и искусственного культивирования. В нашей республике с каждым годом увеличиваются объемы интенсивного выращивания грибов с высокими пищевыми и целебными свойствами *Pleurotus ostreatus*, *Lentinus edodes*, а также культур, физиологически активные вещества которых являются ценными лечебными субстанциями (представители родов *Ganoderma*, *Trametes* и др.). Утилизация отработанного субстрата в виде мицелиальных блоков остается серьезной проблемой, несмотря на разработку ряда технологий по использованию его в качестве кормовых добавок [6]. Одной из причин, затрудняющих внедрение таких разработок в практику, является быстрая контаминация таких отходов плесневыми грибами (микромицетами). В то же время, биомассу микромицетов, являющуюся отходом производства ряда производств, начинают использовать в природоохранных технологиях.

Цель работы – оценить способность извлекать из водных сред ионы тяжелых металлов мицелием базидиомицетов и субстратом после их выращивания, а также биомассой микромицетов – контаминантов.

В работе использовали культуры ксилотрофных базидиальных грибов с лекарственными свойствами из коллекции лаборатории белка Института микробиологии НАН Беларуси:

Ganoderma lucidum (рейши), *Lentinus edodes* (шиитакэ), *Pleurotus ostreatus* (вешенка), *Trametes hirsuta* (кориол волосистый), *T. versicolor* (кориол разноцветный). Грибы культивировали на глюкозо-пептонной среде в течение 10 сут., а затем высевали в чашки Петри со стерильными березовыми опилками с добавлением 3 % мела и инкубировали при температуре 24 °С в течение 2 месяцев. Затем мицелиальную пленку и субстратный блок разделяли, подсушивали до влажности 15–20 % и использовали в качестве сорбента. Клеточные стенки грибов получали путем трехкратного замораживания–оттаивания с последующей отмывкой.

В работе также использовали ржаную солому с разных стадий интенсивного культивирования гриба вешенка в грибоводческом цехе ОАО «Александровское».

Обрастание субстратных блоков плесневыми грибами моделировали путем культивирования микромицетов в чашках Петри на целлофановых дисках, помещенных на поверхность агаризованной среды Чапека–Докса. После полного зарастания дисков мицелием их промывали с целью освобождения от спор, подсушивали и отделяли мицелиальные пленки от целлофана.

Исследования активности связывания ионов тяжелых металлов проводили с использованием эквимольных растворов CoCl_2 , ZnSO_4 , NiSO_4 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, MnSO_4 , CuSO_4 , $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2$. Содержание ионов металлов в растворах до и после сорбции оценивали методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии на приборе Сатурн-ЗП-1. Условия сорбции: исходная концентрация растворов – 0,05 М, pH – 6,0, объем исходного раствора – 50 мл, навеска воздушно-сухого сорбента – 1,0 г, температура – 18–20 °С, время сорбции – 1,5 ч (время достижения состояния динамического равновесия установлено ранее).

Из экспериментальных данных рассчитывали величину сорбции S (мг/г):

$$S = (C_{\text{исх}} - C_{\text{кон}}) \cdot V / m, \quad (1)$$

где $C_{\text{исх}}$ – исходная концентрация ионов металла в растворе, мг/мл; $C_{\text{кон}}$ – конечная концентрация ионов металла в растворе, мг/мл; V – объем раствора, мл; m – масса сорбента, г (в пересчете на сухое вещество).

Коэффициент распределения K_d (мл/г) в системе сорбент–сорбат определяли по сорбции в индивидуальных 0,005 М растворах тяжелых металлов и рассчитывали по формуле

$$K_d = S / C_{\text{кон}}, \quad (2)$$

где S – величина сорбции, мг/г; $C_{\text{кон}}$ – конечная концентрация ионов металла в растворе, мг/мл.

Сорбцию метиленового синего оценивали, согласно ГОСТу 4453 [3]. Удельную поверхность микропор рассчитывали по формуле [6]

$$S_{\text{уд}} = A \cdot S \cdot N_a, \quad (3)$$

где A – количество сорбированного метиленового синего, мг/г; $S = 0,57 \cdot 10^{-18}$ – площадь, занимаемая одной молекулой метиленового голубого в монослое при мономолекулярном заполнении сорбента, м^2 ; N_a – число Авогадро.

В качестве питательного субстрата для культивирования базидиальных грибов в нашей республике экономически рационально использовать отходы сельскохозяйственных культур и древесные опилки березы, дуба, ольхи, осины [5]. На первой стадии твердофазного культивирования грибные гифы быстро распространяются по лигно-целлюлозному субстрату, скрепляя его в единый субстратный блок с образованием на поверхности прочной мицелиальной пленки (см. рисунок).

Культивирование в чашках Петри на опилках



Грибные гифы



Мицелиальная пленка

Промышленное культивирование на соломе



Камера выгонки грибов



Субстратный блок

Твердофазное культивирование *P. ostreatus* в лабораторных и промышленных условиях

Мицелиальные пленки всех исследованных грибов проявили высокую сорбционную активность по отношению к ионам металлов, представляющих в настоящее время реальную опас-

ность для жизнедеятельных микроорганизмов активного ила. Сорбционная емкость уменьшалась в ряду $\text{Fe}^{3+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Ni}^{2+}$ (табл. 1).

Таблица 1. Сорбционная емкость по отношению к ионам тяжелых металлов мицелия ксилотрофных базидиомицетов, выращенного на березовых опилках

Гриб	Сорбционная емкость							
	Fe		Cu		Zn		Ni	
	мг-экв/г	мг/г	мг-экв/г	мг/г	мг-экв/г	мг/г	мг-экв/г	мг/г
<i>G. lucidum</i>	4,72	87,79	1,28	40,70	1,04	34,00	0,40	11,76
<i>L. edodes</i>	6,12	113,83	1,63	51,83	1,05	34,33	0,38	11,17
<i>P. ostreatus</i>	5,23	97,27	1,98	62,96	1,50	49,05	0,45	13,23
<i>T. hirsuta</i>	6,27	116,62	1,63	51,83	1,26	41,20	0,42	12,34
<i>T. versicolor</i>	5,01	93,18	2,02	64,23	1,11	36,29	0,27	7,93

Сорбционная емкость березовых опилок, на которых культивировали соответствующие грибы, была несколько ниже, чем у грибной биомассы, но на порядок выше, чем у контрольных

опилок. Предпочтительность сорбции ионов тяжелых металлов была такой же, как в ряду мицелия $Fe^{3+} > Cu^{2+} > Zn^{2+} > Ni^{2+}$ (табл. 2).

Таблица 2. Сорбционная емкость по отношению к ионам тяжелых металлов березовых опилок после твердофазного культивирования ксилотрофных базидиомицетов

Гриб	Сорбционная емкость							
	Fe		Cu		Zn		Ni	
	мг-экв/г	мг/г	мг-экв/г	мг/г	мг-экв/г	мг/г	мг-экв/г	мг/г
<i>G. lucidum</i>	3,25	60,45	0,71	22,57	0,44	14,39	0,35	10,29
<i>L. edodes</i>	3,63	67,52	0,86	27,35	0,53	17,33	0,37	10,88
<i>P. ostreatus</i>	3,02	56,17	0,67	21,30	0,38	12,43	0,33	9,70
<i>T. hirsuta</i>	3,93	73,09	1,08	34,34	0,61	19,95	0,36	10,58
<i>T. versicolor</i>	3,14	58,40	0,98	31,16	0,45	14,72	0,24	7,05

По мере расщепления лигноцеллюлозных субстратов под действием ферментативных комплексов изменяются и их физико-химические свойства. При высокой степени разложения по способности извлечения солей металлов они не уступают мицелиальным пленкам (табл. 3).

Практически не влияет на сорбционную активность и контаминация субстратных блоков плесневыми грибами, мицелий которых имеет высокие сорбционные характеристики (табл.4).

Таблица 3. Сорбционная емкость по отношению к ионам тяжелых металлов мицелия гриба вешенка и субстрата его промышленного культивирования

Вариант	Сорбционная емкость							
	Fe		Cu		Zn		Ni	
	мг-экв/г	мг/г	мг-экв/г	мг/г	мг-экв/г	мг/г	мг-экв/г	мг/г
Мицелий гриба	3,12	58,03	1,01	32,12	0,56	18,31	0,42	12,35
Ржаная солома	0,16	2,98	0,14	4,45	0,11	3,60	0,08	2,35
2-недельный субстрат	1,42	26,41	0,41	13,04	0,27	8,83	0,21	6,17
4-недельный субстрат	2,35	43,71	0,52	16,54	0,34	11,12	0,25	7,35
Субстрат 1-й волны	3,17	58,96	0,56	17,81	0,39	12,75	0,30	8,82
Субстрат 2-й волны	3,58	66,59	0,97	30,85	0,43	14,06	0,34	10,00
Субстрат 3-й волны	4,95	92,07	1,03	32,75	0,49	16,02	0,38	11,17

Таблица 4. Сорбционная емкость мицелия микромицетов по отношению к ионам тяжелых металлов

Вариант	Сорбционная емкость							
	Fe		Cu		Zn		Ni	
	мг-экв/г	мг/г	мг-экв/г	мг/г	мг-экв/г	мг/г	мг-экв/г	мг/г
<i>Alternaria alternata</i>	5,47	101,74	1,86	59,15	0,55	17,99	0,47	13,82
<i>Aspergillus niger</i>	4,78	88,91	0,91	28,94	0,39	12,75	0,36	10,58
<i>Paecilomyces varotii</i>	3,54	65,84	1,24	39,43	0,27	8,83	0,21	6,17
<i>Penicillium notatum</i>	6,35	118,11	0,96	30,53	0,45	14,72	0,37	10,88
<i>Trichoderma viride</i>	4,19	77,93	0,77	24,49	0,39	12,75	0,33	9,70

Способность грибной биомассы очищать воду от ионов тяжелых металлов во многом зависит от штаммовых особенностей. Так, коэффициенты распределения в системе: ионы желе-

за–мицелий *Lentinus edodes* колебался в зависимости от штаммовой принадлежности в довольно широком диапазоне (табл. 5).

Таблица 5. Коэффициенты распределения в системе: раствор ионов тяжелых металлов–мицелий различных штаммов *Lentinus edodes*

Штамм <i>L.edodes</i>	Kd, мл/г							
	Fe	Cd	Cu	Mn	Pb	Ni	Zn	Co
104	6643	428	277	190	243	157	211	180
109	2296	229	117	119	196	122	149	144
181	1736	217	84	119	176	75	92	85
185	2804	329	102	138	393	73	109	112
192	2440	264	84	115	418	77	107	90

В составе сточных вод кроме тяжелых металлов могут присутствовать и другие токсиканты, способные оказывать негативное действие на микробиоту активного ила. Чаще всего это вещества молекулярной степени дисперсности, для извлечения которых используют активированный уголь или другие сорбенты с высокоразвитой капиллярной структурой и большой удельной поверхностью порового пространства. Для оценки сорбционной способности по отношению к таким

соединениям в качестве модельного традиционно используют краситель метиленовый синий. Сорбционная активность по метиленовому синему клеточных стенок грибов не уступала активированным углям, полученным из брикетов лигнина валкового пресса [1].

Клеточные стенки грибов также обладали достаточно развитой поверхностью микропор, обеспечивающей возможность сорбции поллютантов различной химической природы (табл. 6).

Таблица 6. Сорбционная способность клеточных стенок базидиальных грибов по отношению к метиленовому синему

Параметр	Грибная культура			
	<i>G. lucidum</i>	<i>L. edodes</i>	<i>P. ostreatus</i>	<i>T. hirsuta</i>
Сорбция метиленового синего, мг/г	90,3±4,6	61,4±3,1	78,0±4,7	85,1±3,1
Удельная поверхность микропор клеточных стенок, м ² /г	139,9±12,6	95,8±8,3	118,4±9,5	150,6±13,7

У отработанных субстратов данный показатель в отличие от мицелия варьировал в широком диапазоне (от 30,4 до 75,2 мг/г) в зависимости от степени и характера разложения лигно–целлюлозного комплекса.

Таким образом, субстратные блоки после интенсивного культивирования ценных базидио-

мицетов (вешенка, шиитаке, рейши и др.) можно рекомендовать для предварительной очистки сточных вод от тяжелых металлов и других токсичных соединений, оказывающих губительное влияние на микроорганизмы активного ила в системе биологических очистных сооружений.

Литература

1. **Беляев, Е. Ю.** Получение и применение древесных активированных углей в экологических целях / Е. Ю. Беляев // Химия растительного сырья. – 2000. – № 2. – С. 5–15.
2. **Бойцова, Т. А.** Биоконверсия технических лигнинов базидиальными микромицетами / Т. А. Бойцова : дис. ... канд. хим. наук. – Архангельск, 2006.
3. **Жмур, Н. С.** Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н. С. Жмур. – М., 2003.
4. **Корж, Д. Ю.** Биометрические показатели и урожайность плодовых тел *Lentinus edodes* в зависимости от опилок древесных пород в субстрате / Д. Ю. Корж, А. С. Мастеров // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур : сб. статей. – Горки, 2013. – С. 38–41.
5. **Связывание** ионов тяжелых металлов отработанным субстратом промышленного культивирования гриба вешенка / А. Э. Томсон [и др.] // Природопользование. – Минск, 2014. – Вып. 26. – С. 133–136.
6. **Уголь** активированный осветляющий древесный порошкообразный : ГОСТ 4453-74 (88). – М. : Госстандарт, 1989.

7. **Фролова, С. И.** Влияние тяжелых металлов на активный ил при очистке сточных вод в режиме продленной аэрации / С. И. Фролова, Г. А. Козлова // Вестник ПГТУ. Химическая технология и биотехнология. – 2010. – № 11. – С. 180–191.

¹Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

²Институт микробиологии НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

Поступила в редакцию 12.11.2015 г.

**А. Э. Томсон, И. А. Гончарова, Т. В. Соколова,
Н. Е. Сосновская, В. С. Пехтерева**

**ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ОТХОДОВ ТВЕРДОФАЗНОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ
КСИЛОТРОФНЫХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ
ВОДНЫХ СРЕД ОТ ПОЛЛЮТАНТОВ**

Приводится оценка способности извлекать из водных сред ионы тяжелых металлов мицелиальными пленками базидиомицетов, отработанным субстратом твердофазного культивирования ксилотрофных базидиальных грибов, а также биомассой микромицетов – контаминантов. Из экспериментальных данных рассчитаны величина сорбции S (мг/г), коэффициент распределения K_d (мл/г) и удельная поверхность микропор $S_{уд}$. Установлено сходство мицелиальных пленок всех исследованных грибов и березовых опилок после культивирования грибов, которое уменьшается в ряду $Fe^{3+} > Cu^{2+} > Zn^{2+} > Ni^{2+}$. Выявлена зависимость способности биомассы от штаммовой принадлежности связывать ионы тяжелых металлов. Рекомендуется использовать лигноцеллюлозные субстраты (солому, древесные опилки) после культивирования ценных базидиомицетов (вешенка, шиитаке, рейши) для предварительной очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов в системе биологических очистных сооружений.

**A. E. Tomson, I. A. Goncharova, T. V. Sokolova,
N. E. Sosnovskaya, V. S. Pehtereva**

**THE ASSESS OF WASTE USE OF SOLID PHASE CULTIVATION
OF XYLOTROPHIC BASIDIOMYCETES FOR WATER ENVIRONMENT
AGAINST POLLUTANTS CLEANING**

The assess of the ability of heavy metal ions extraction from aqueous environment by mycelial films of Basidiomycetes, spent substrate of solid phase cultivation of xylotrophic basidiomycetes mushrooms and biomass of micromycetes – contaminants. The sorption value of S (mg/g), the distribution coefficient K_d (ml/g), and the specific surface area of micropores S_{sp} have been calculated from the experimental data. The affinity of filamentous films of all fungi and birch sawdust after cultivation of mushrooms, which decreases in the number of $Fe^{3+} > Cu^{2+} > Zn^{2+} > Ni^{2+}$ has been established. The dependence of the ability of strains of biomass supplies to bind heavy metal ions has been identified. It is recommend to use lignocellulosic substrates (straw, wood chips) after culturing of valuable Basidiomycetes (*Pleurotus ostreatus*, *Lentinus edodes*, *Ganoderma lucidum*) for the pre-treatment of waste water from heavy metal ions in the biological treatment facilities.

УДК 665.7.032.54

Г. П. Бровка, И. И. Романенко, И. В. Дедюля, Н. В. Андрееenko**СПОСОБЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА
ПРИ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ
ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ**

Исследована эффективность интенсификации тепло- и массообмена с помощью новых конструкций шнековых смесителей применительно к термохимической переработке твердых горючих ископаемых.

При термохимической переработке твердых горючих ископаемых в подвижном слое важно, чтобы скорость подачи материала соответствовала интенсивности его теплообмена. Это трудно реализовать с помощью стандартных шнеков. В стандартных шнеках при увеличении оборотов вместе с интенсивностью теплообмена увеличивается и скорость подачи материала. Поэтому в устройствах по термохимической переработке, созданных на базе стандартных шнеков, трудно обеспечить необходимую температуру и производительность термохимической переработки. Это можно сделать на базе специальных шнеков-смесителей. При этом шнеки-смесители должны в первую очередь интенсивно перемешивать материал, обеспечивать хорошую паро-газовую проницаемость в зоне термохимической переработки и подавать материал со скоростью, позволяющей осуществлять прогрев материала до необходимой температуры.

Для отработки способов интенсификации тепло- и массообмена при термохимической переработке твердых горючих ископаемых в подвижном слое в лаборатории ФХМПДС сконструирован и изготовлен на РУП «Экспериментальная база «Свислочь» НАН Беларуси» специальный стенд, конструкция которого представлена на рис. 1.

Стенд состоит из цилиндрического кожуха 1 с загрузочным и разгрузочным окнами. Внутри кожуха на опорах скольжения могут устанавливаться любые рабочие органы 2, осуществляющие необходимую интенсивность перемешивания термически разлагаемого топлива и подачу твердого остатка к разгрузочному окну с требуемой скоростью. Привод рабочего органа осуществляется с помощью червячного мотор-редуктора 3 и цепной передачи, что позволяет с применением тиристорного регулятора вращать вал со скоростью от нескольких единиц до десятков оборотов в минуту. Питание привода осуществляется с помощью переносного кабеля пультом 4. Вся установка смонтирована на металлоконструкции 5. Для сборки материала, имитирующего топливо, на металлоконструкции установлен мерный сборник 6.

Были изготовлены три варианта рабочих органов, представленные на рис. 2–4, которые конструктивно отличаются, имея одно и то же функциональное назначение.

Первый вариант шнека-смесителя (рис. 2) наиболее простой в изготовлении и рассчитан на материал с высокой сыпучестью при сравнительно невысоких температурах (до 700 °С). Он представляет собой полую ось с прорезанными сквозными щелями шириной 30 мм. При этом соседние щели взаимно перпендикулярны. В них вставлены пластины из жаропрочной, нержавеющей стали толщиной 3 мм. Пластины повернуты в направлении, противоположном направлению вращения шнека на угол до 15°. Такая конструкция достаточно проста в изготовлении и позволяет перемешивать и подавать со сравнительно большой скоростью материалы с хорошей сыпучестью. Недостатком данной конструкции является ограничение по температуре в рабочей зоне термохимической переработки, где используется шнек-смеситель, так как при температуре выше 700 °С пластины могут сильно деформироваться.

Второй вариант шнека-смесителя представляет собой конструкцию из закрепленных на стойках пластин, ориентированных под небольшим углом к валу шнека (рис. 3). При этом контур пластин, обращенный к поверхности цилиндрической камеры термохимической переработки топлива, соответствует фрагменту сечения внутренней поверхности цилиндра под углом, равным углу наклона пластин к валу шнека. Такая форма позволяет продвигать топливо вдоль цилиндрической камеры со сравнительно небольшой скоростью и достаточной интенсивностью его перемешивания.

Третий вариант шнека-смесителя (рис. 4) имеет более сложную форму и включает пластины, закрепленные на валу, контактирующие с цилиндрической поверхностью камеры, имеющие функциональное назначение, как и для второго варианта, а также спиралеобразную лопасть, как для стандартных шнеков. При этом внешний диаметр спиралеобразной лопасти меньше расстояния между внутренними контурами диамет-

рально противоположно закрепленных на стойках пластин, контактирующих с цилиндрической поверхностью камеры. Такая конструкция позволяет проводить термохимическую переработку

топлива, обладающего достаточно высокой липкостью, например, горючих сланцев, выделяющих при термохимической переработке смолы.

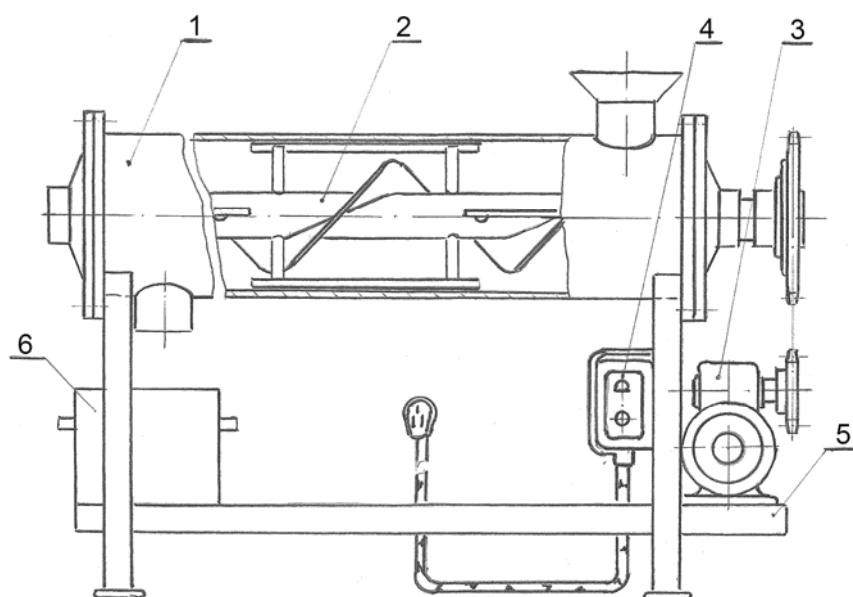


Рис. 1. Лабораторный стенд для отработки способов интенсификации тепло- и массообмена при термохимической переработке твердых горючих ископаемых в подвижном слое:

1 – кожух с загрузочными и разгрузочными окнами; 2 – сменный шнек; 3 – привод; 4 – пульт управления; 5 – металлоконструкция; 6 – приемник материала

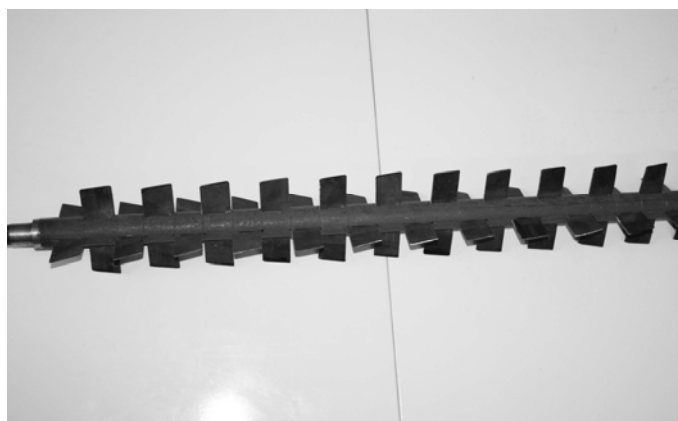


Рис. 2. Шнек-смеситель для сыпучих материалов



Рис. 3. Шнек-смеситель для материалов с малой липкостью

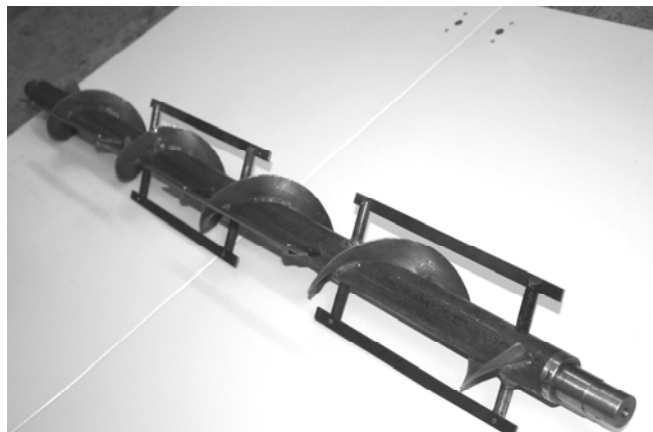


Рис. 4. Шнек-смеситель для материалов с сильной липкостью

Для определения зависимости скорости перемещения материала от частоты вращения вала шнека-смесителя и угла наклона его к горизонтали, а также аналогичных зависимостей для коэффициента теплообмена разработана методика лабораторного исследования.

Методика заключается в следующем. В цилиндрический кожух устанавливают исследуемый рабочий орган, т. е. шнек-смеситель. Через загрузочное окно вручную с определенным расходом засыпают сыпучее топливо. При этом задают определенную скорость вращения вала шнека. Периодически фиксируют количество накопившегося в мерном сборнике материала, пропущенного через шнек-смеситель. После достижения равенства расхода материала на входе и выходе вращение вала шнека прекращается и выгружается материал, находящийся в цилиндрическом кожухе, для определения его количества. Это позволяет определить степень заполнения рабочего пространства устройства. В таблицу записывают скорость вращения вала, расход материала и степень заполнения. Кроме этого, указывают угол наклона цилиндрического кожуха к горизонтальной оси.

Таким образом, варьируя угол наклона, расход материала и скорость вращения вала можно исследовать зависимость расхода пропускаемого через устройство топлива от скорости вращения вала и степени заполнения при различных углах наклона цилиндрического кожуха.

Для определения интенсивности теплообмена перерабатываемого топлива с цилиндрическим кожухом перерабатываемый материал предварительно разогревают до температуры, превышающей исходную температуру цилиндрического кожуха на 60–70 °С. Далее задают скорость вращения вала и расход материала при определенном угле наклона цилиндрического кожуха. С помощью медь-константановых термопар и компьютерного порта В-381 регистрируют значения температуры загружаемого материала,

корпуса цилиндрического кожуха и выгружаемого материала.

На основании полученных данных по изменению температуры материала, а также его расхода и массы загрузки рассчитывают коэффициент теплопередачи K_T по формуле

$$K_T = \frac{(T_{МК} - T_{МН}) q_M \cdot C_M}{[T_K - 0,5(T_{МК} - T_{МН})] L_H \cdot M_3}, \quad (1)$$

где $T_{МК}$ – конечная температура материала, °С; $T_{МН}$ – начальная температура материала, °С; T_K – средняя температура цилиндрического корпуса, °С; q_M – расход материала, кг/с; C_M – удельная теплоемкость материала, Дж/(кгК); L_H – расстояние между загрузочным и выгрузочным окнами; M_3 – масса загрузки рабочей камеры, кг/м.

По разработанной методике проведены исследования параметров расхода, заполнения и теплопередачи с различными шнеками-смесителями (см. таблицу). В качестве перерабатываемого материала был выбран фрезерный низинный торф.

Для конкретных вариантов шнеков-смесителей, используя значения таких параметров, как расход материала, масса загрузки и коэффициент теплопередачи, а также температуру разогрева стенки цилиндрического корпуса устройства по термопереработке топлива можно рассчитать температуру топлива на выходе из рабочей камеры. При встречном движении разогреваемого материала и газов, разогревающих корпус цилиндрической камеры, когда устанавливается постоянная разность температуры на стенке камеры и материала ΔT_p , температуру на выходе из рабочей камеры $T_{МК}$ можно рассчитать по формуле

$$T_{МК} = K_T \frac{\Delta T_p}{q_M} \frac{L_H M_3}{C_M} + T_{МН}. \quad (2)$$

Параметры переработки фрезерного торфа с различными шнеками-смесителями

Тип шнека-смесителя	Угол наклона $\text{tg}\varphi$	Скорость вращения, об/мин	Расход, л/с	Загрузка, кг	Коэффициент теплопередачи, Вт/К
Вариант № 2	0	30	0,042	4,0	31
	0	10	0,014	4,0	26
	0	30	0,060	6,0	28
	0,1	30	0,062	2,0	32
	0,1	30	0,125	5,0	30
	0,1	10	0,042	5,0	29
Вариант № 3	0	30	0,042	5,0	32
	0	10	0,014	5,0	27
	0,1	30	0,083	3,0	29
	0,1	30	0,125	4,5	31

Это дает возможность выбрать наиболее эффективные конструкции шнеков-смесителей и определить оптимальные параметры процесса термохимической переработки твердого топлива.

На основе полученных параметров были выполнены расчеты, которые показали, что используя разработанные шнеки-смесители второго и третьего вариантов, можно в 2–3 раза увеличить производительность оборудования по термохимической переработке твердых горючих ископаемых по сравнению со стандартными шнеками.

Разработка конструкции шнеков-смесителей дала возможность модернизировать крупнолабораторную установку по термохимической переработке твердых горючих ископаемых в подвижном слое, смонтированную на РУП «Экспериментальная база “Свислочь” НАН Беларуси» [1, 2]. Для этой цели был выбран шнек-смеситель, представляющий собой конструкцию из закрепленных на стойках пластин, ориентированных под небольшим углом к валу. При этом на лабораторном стенде были испытаны два ва-

рианты шнека-смесителя. Один вариант представляет собой конструкцию в виде двойной спирали (рис. 5), образованной закрепленными на стойках лопатками, а второй вариант с таким же количеством стоек имеет в 2 раза меньше лопаток за счет их наличия поочередно только на одном из концов стоек. Испытания на лабораторном стенде показали, что оба варианта пригодны для работы с сыпучими материалами типа подсушенного фрезерного торфа или сухого лигнина. Однако было выявлено, что для указанных материалов и исходных параметров имеющегося оборудования следует отдавать предпочтение второму варианту, обеспечивающему режим работы с большими оборотами шнека-смесителя.

С учетом данных обстоятельств был изготовлен шнек-смеситель для крупнолабораторной установки (рис. 6). Для предотвращения прорыва газообразных продуктов в загрузочный бункер начальный участок шнека выполнен в виде трубы со стандартной спиралью, имеющей сравнительно малый шаг [2].

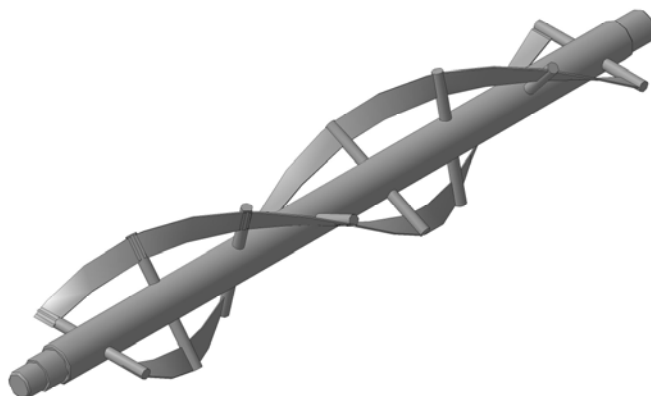


Рис. 5. Шнек-смеситель для сыпучих материалов в виде двойной спирали

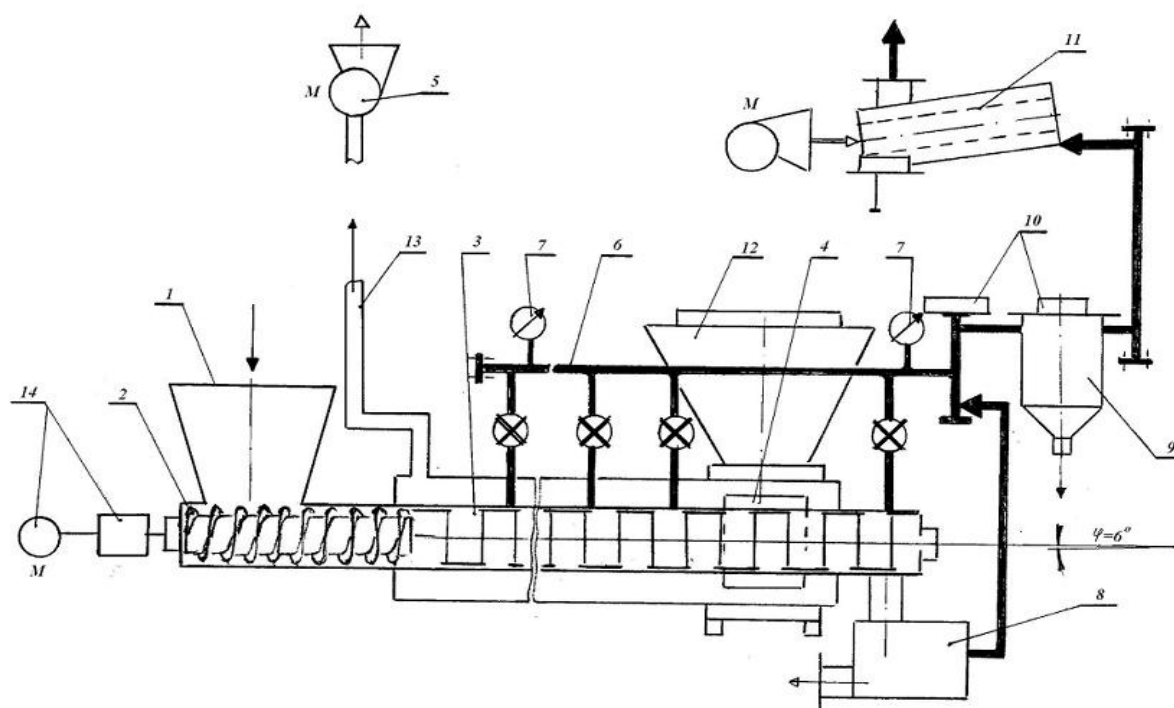


Рис. 6. Схема модернизированной крупнолабораторной установки по термохимической переработке твердого топлива методом пиролиза: 1 – бункер сырья; 2 – шнек загрузочный; 3 – пиролизер; 4 – труба жаровая газогенератора; 5 – дымосос; 6 – коллектор пиролизного газа; 7 – манометры; 8 – коксоприемник; 9 – фильтр очистки газа; 10 – клапан предохранительный; 11 – охладитель газа; 12 – газогенератор; 13 – труба дымовая; 14 – привод вала газогенератора

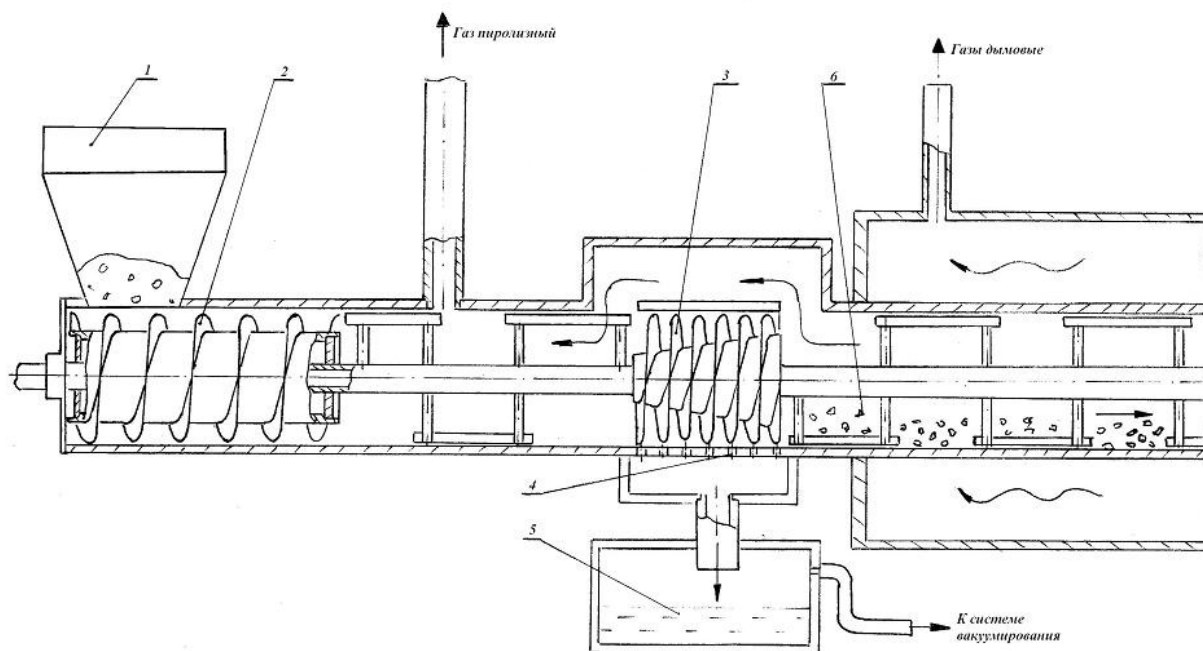


Рис. 7. Схема установки для термической переработки твердых горючих ископаемых с дифференцированным выходом продуктов пиролиза: 1 – бункер сырья; 2 – шнек загрузочный; 3 – пресс шнековый конический; 4 – фильтр; 5 – сборник жидких продуктов; 6 – полукокс

Предварительные испытания крупнолабораторной установки показали, что такая конструкция обеспечивает термохимическую переработку лигнина с интенсивностью до 100 кг/ч, что в 5 раз выше, чем на ранее имеющейся конструкции шнека. Это достигается возможностью работать на больших оборотах шнека-смесителя (до 40 об/мин). В процессе предварительных испытаний было также выявлено, что для предотвращения выхода пыли вместе с газообразными продуктами термохимической переработки следует добавлять небольшое количество жидких отходов нефтепродуктов или мазута (5–20 %). Это, как показали лабораторные исследования, обеспечивает более высокое количество выхода жидких и газообразных продуктов.

Разработанная конструкция шнека-смесителя и испытания модернизированной крупнола-

бораторной установки показали возможность дальнейшего совершенствования оборудования термохимической переработки твердых горючих ископаемых. Была проанализирована возможность обеспечения дифференцированного вывода газообразных и жидких продуктов. На рис. 7 представлена схема установки, в которой на начальном участке рабочего органа предусмотрено расположение шнекового конического пресса с обводом газообразных продуктов в верхней части и отвода жидких продуктов путем отсоса через пористый фильтр с помощью системы вакуумирования. Это позволит с меньшими энергетическими затратами разделять жидкие и газообразные продукты термохимической переработки твердых горючих ископаемых, таких, как торф, бурый уголь и горючие сланцы.

Литература

1. **Экспериментальная** установка по термохимической переработке бурых углей и результаты ее испытаний // П. Л. Фалюшин и [др.] // Природопользование. – Минск, 2009. – Вып. 15. – С. 201–206.
2. **Установка** для термохимической переработки твердых горючих материалов методом пиролиза : пат. 16915 С2 / И. И. Лиштван и [др.] ; зарегистрирован 26.11.2012 г. // Офиц. бюлл. – 2014. – № 1. – С. 104–105.

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Поступила в редакцию 1.12.2015 г.

Г. П. Бровка, И. И. Романенко, И. В. Дедюля, Н. В. Андрееenko

СПОСОБЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА ПРИ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

Исследована эффективность интенсификации тепло- и массообмена с помощью новых конструкций шнековых смесителей применительно к термохимической переработке твердых горючих ископаемых. Показано, что путем модернизации конструкции шнековых смесителей можно до 5 раз увеличить производительность оборудования по термохимической переработке твердых горючих ископаемых.

G. P. Brovka, I. I. Romanenko, I. V. Dedyulya, N. V. Andreenko

METHODS OF INTENSIFICATION OF HEAT AND MASS EXCHANGE AT THERMOCHEMICAL CONVERSION OF SOLID FOSSIL FUELS

The effectiveness of intensification of heat and mass exchange with the help of new constructions of screw mixers with regard to thermo-chemical processing of solid fuels has been studied. It is shown that the productivity of equipment for the thermochemical processing of solid fuels can be increased up to 5 times by upgrading the design of screw mixers.

УДК 661.183:665.7032.5

О. Н. Ярыгина¹, Т. И. Пономарева¹, М. В. Труфанова¹, С. Б. Селянина¹,
Л. Н. Парфенова¹, С. С. Хвиузов¹, А. Э. Томсон², Т. В. Соколова²,
В. П. Стригуцкий², В. С. Пехтерева²

К ВОПРОСУ О СОДЕРЖАНИИ ГРУППОВЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ТОРФА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЯЕМЫХ СХЕМ ИХ ВЫДЕЛЕНИЯ

Статья посвящена сравнительному анализу схем разделения групповых компонентов торфа, наиболее широко используемых исследователями России, Беларуси и других стран. Показано влияние схемы фракционирования на количественные характеристики и некоторые свойства основных продуктов разделения. Предложена оптимизированная схема, использование которой позволит получить более глубокие и достоверные данные о составе органического вещества торфа, а также сравнивать данные по количественному содержанию компонентов, полученные разными исследователями торфа ведущих школ России и мира.

Запасы торфа на территории Европейского Севера России огромны и составляют, по предварительным подсчетам, 21 000,0 млн т. Торф, являясь уникальным возобновляемым природным ресурсом, способен составить конкуренцию нефти и газу [5]. Однако, состав и свойства (в частности, содержание и состав органических веществ) торфа, сформированного в условиях западного сегмента Севера России, остаются без должного рассмотрения. Имеющиеся в научной литературе данные по составу органической части торфяных залежей относятся преимущественно к районам с умеренно-континентальным климатом [5, 6].

Разнообразие и лабильность органических компонентов торфа затрудняет обнаружение и идентификацию индивидуальных соединений. Поэтому зачастую ограничиваются следующей классификацией: битумы, растворимые в воде вещества, гуминовые кислоты и их соли, клетчатка, лигнин, или несколько более детально, как показано в таблице.

Вместе с тем знание состава органической части торфа позволяет не только оценить перспективы использования этого сырья в различных отраслях народного хозяйства, но и глубже понять биосферные процессы в торфяно-болотных экосистемах.

Несмотря на логичность и кажущуюся простоту, вопрос выделения отдельных фракций в разных исследованиях решается не однозначно. Различия состоят в выборе:

- последовательности фракционирования;
- применяемых растворителей, особенно это касается выделения битумов;
- условий выделения (температура, концентрация, соотношение масс, продолжительность стадий);
- способа определения степени извлечения (по концентрации, по сухому остатку, спектрофотометрически, весовым методом и т. д.)

Наиболее часто в Российской Федерации используют методы Института торфа, В. Н. Ефимова, М. Г. Васильковой, Н. Н. Бамбалова и Г. Л. Стадникова.

Традиционно, в промышленности и в связанных с ней исследованиях используется метод Инсторфа [6]. На него же ссылаются большинство исследователей. Он состоит в последовательной экстракции торфа горячим бензолом (в более поздних модификациях смесью этанол : бензол) с выделением битумов, экстракцией горячей водой с выделением водорастворимых веществ, экстракцией 2–4 %-ным раствором соляной кислоты с выделением легкогидролизуемых веществ, последующей обработкой 0,1 н. раствором гидроксида натрия с выделением гумусовых веществ и последующим их фракционированием путем подкисления раствора соляной кислотой на гуминовые и фульвовые кислоты. Лигноцеллюлозный остаток обрабатывают 80 %-ной серной кислотой для выделения трудногидролизуемых веществ, а в остатке получают лигнин.

В современных условиях исследователи вследствие высокой токсичности заменяют бензол другими экстрагентами (например, бензином или смесью этанол : гексан), что вносит свою неопределенность в трактовку результатов.

Метод Ефимова – Васильковой [4] в целом повторяет предыдущий, но отличается двухстадийным выделением гумусовых веществ с обработкой пирофосфатом натрия на первой стадии и 0,01 н. гидроксидом натрия на второй. Помимо этого, обе стадии кислотного гидролиза проводят после выделения гумусовых веществ, что, конечно, может приводить к загрязнению препаратов фульвокислот легкогидролизуемыми соединениями, особенно в случае щелочной обработки при повышенных температурах.

Групповой состав торфа

Степень разложения R, %	Содержание, % от органических веществ							Источник
	Битумы	ГФК		ВРВ	ЛГВ	ТГВ	НГО	
		ГК	ФК					
10	Не извл.	4,3	9,1	Не извл.	Не извл.	Не извл.	Не извл.	[8]
5	Не извл.	4,5	8,9	Не извл.	Не извл.	Не извл.	Не извл.	[8]
7	4,2	13,6	17,3	4,0	46,8	7,6	6,5	[1]
7	4,2	12,1	17,2	49,5		11,0	5,9	[14]
11	4,6	18,2	17,2	7,3	42,8	8,8	6,2	[13]
10	0,9	17,9	13,0	16,9	31,7	8,4	20,8	[4]
5	1,0	3,76	8,58	2,6	8,3	33,6	15,53	[4]
10	Не извл.	21,33		29,11		14,57	45,09	[15]
5	4,4	12,3		4,5	65,8	15,8	2,0	[9]
5	1,6	13,8		7,4	45,5	26,0	5,7	[12]

Примечание: ГФК – гуминовые вещества; ГК – гуминовые кислоты; ФК – фульвовые кислоты; ВРВ – водорастворимые вещества; ЛГВ – легкогидролизуемые вещества; ТГВ – трудногидролизуемые вещества; НГО – негидролизуемый остаток.

Н. Н. Бамбалов предлагает извлекать гумусовые вещества пирофосфатом натрия из отдельной навески и учитывать их расчетным методом [2]. Особенностью метода является также щелочная обработка без нагревания. Водорастворимую фракцию Н. Н. Бамбалов предлагает извлекать одновременно с легкогидролизуемыми веществами после выделения гумусовых веществ. Однако при таком подходе часть водорастворимых веществ неизбежно растворится вместе с гуминовыми соединениями и перейдет во фракцию фульвокислот.

Метод Г. Л. Стадникова предполагает извлечение водорастворимых веществ до обезбитуминирования, с последующим фракционированием на полисахариды и полифенолы с помощью этанола [11]. Для обезбитуминирования используется хлороформ, который может содержать небольшое количество воды и этанола, что сказывается на его извлекающей способности и вносит неопределенность в результаты исследования. Стадии выделения легко- и трудногидролизуемых веществ в данной методике отсутствуют. Соответственно, они распределяются между гуминовыми соединениями и гумином.

В публикациях зарубежных исследователей основное внимание уделяется получению и изучению гуминовых кислот как основного компонента торфа, определяющего его практическое использование. Среди них наиболее распространенным методом получения гуминовых кислот является метод Международного гуминового сообщества (IHSS) [19]. Его широко применяют как за рубежом, так и в России. Метод IHSS заимствован из почвоведения. Он предусматривает стадию декальцинирования соляной кислотой. Далее торф разделяют на гумусовые вещества и не растворяющиеся в щелочи соединения с по-

следующим фракционированием экстракта на гуминовые и фульвовые кислоты.

На наш взгляд, наиболее существенным недостатком данной методики является отсутствие стадии обезбитуминирования. В результате данные соединения распределяются между гумином и гумусовыми веществами, существенно влияя на их свойства, что было показано авторами на примере поверхностной активности в работах [7, 10, 16]. Можно ожидать также существенного изменения сорбционных свойств за счет экранирования активных центров, закупоривания пор или изменения гидрофильно-липофильного баланса. Помимо того, водорастворимые и легкогидролизуемые соединения с частью фульвокислот извлекаются вместе с минеральной частью при декальцинировании, а трудногидролизуемые соединения остаются в гумине.

Метод Meyer & Klocking (2011) совершенствует протокол выделения гумусовых веществ IHSS [17, 18]. В методике исключается стадия декальцинирования и появляется стадия обезбитуминирования замороженного торфа с применением смеси растворителей: метилацетат : циклогексан. Для фракционирования гумусовых веществ авторы методики предлагают использовать более слабую щавелевую кислоту для исключения гидролиза гуминовых соединений. Вопрос селективности и эффективности выбранной смеси растворителей остался за рамками данного исследования, а в отношении остальных фракций можно констатировать, что фульвокислоты при таком способе разделения выделяются совместно с водорастворимыми и легкогидролизуемыми веществами, а трудногидролизуемые – совместно с гумином.

L. E. Lowe [15] разрабатывал свою методику не для группового анализа торфа, а для выделения органических и неорганических форм серы

из почвы и торфа. По основному подходу она идентична методике Г. Л. Стадникова, с той разницей, что предполагает двухстадийное обезбитуминирование (сначала хлороформом, а затем смесью этанол : бензол) и разделение фульвокислот на две фракции путем осаждения на поливинил-пирролидоне. В более поздних работах для обработки больших проб натурального материала (до 100 г) Л. Е. Lowe ограничился одностадийным обезбитуминированием.

В связи с огромным разнообразием методик фракционирования органического вещества торфа, встает вопрос о возможности сравнения полученных данных. Для этого необходимо максимально унифицировать методику проведения исследований с общепринятыми методиками изучения органического вещества торфа. Следует констатировать, что большинство исследователей, ссылающихся на методы Инсторфа, Л. Е. Lowe, IHSS, фактически заменяют растворитель на стадии обезбитуминирования. Нами изучена извлекающая способность различных растворителей в процессе настаивания при комнатной температуре и при дефлегмации с настаиванием (в аппаратах Сокслета). Результаты представлены на рис. 1.

Как видно из диаграммы, извлекающая способность смеси этанол–гексан наиболее высокая в ряду использованных для экстракции растворителей. Гексан проявляет наименьшую экстрагирующую способность. При этом насыщенность окраски полученных экстрактов не вполне коррелирует со степенью извлечения и увеличивается в ряду гексан < этоксиэтан < тетрахлорметилен < этилацетат < этанол < этанол : гексан, а цветовой оттенок меняется от светло-желтого до кирпичного. Это свидетельствует об извлечении разных групп веществ использованными растворителями.

Интересно, что смешанный растворитель (этанол : гексан) обладает более высокой извлекающей способностью относительно не только каждого из этих растворителей, но и их суммарной величины.

УФ-спектры всех экстрактов, представленные на рис. 2, имеют плечо в области 280 нм, что указывает на присутствие фенольных соединений во всех растворах. Вместе с тем можно констатировать, что в присутствии этанола содержание фенольных соединений значительно выше, чем в других экстрактах.

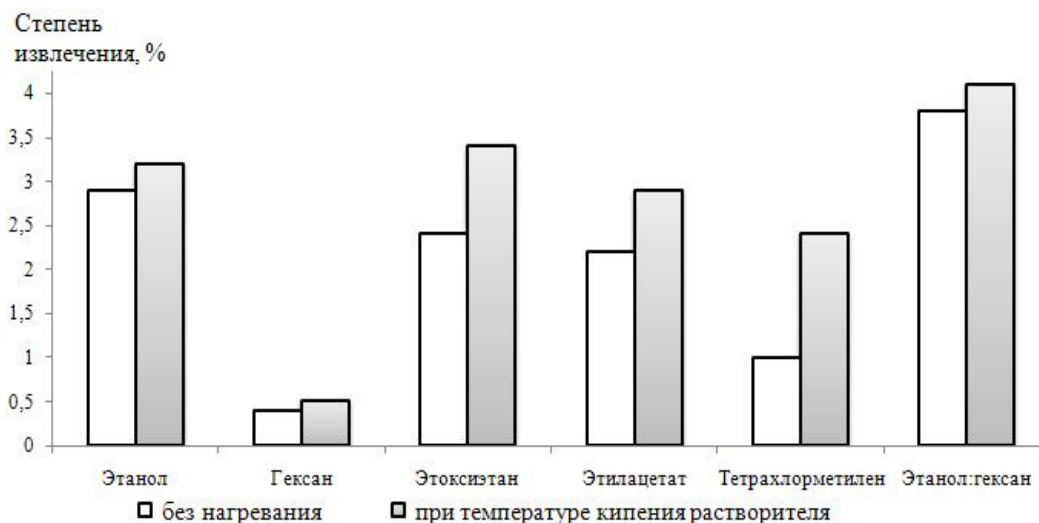


Рис. 1. Влияние экстрагента и условий экстракции на степень извлечения битумной фракции из торфа

На основе литературных данных и лабораторных исследований нами разработана оптимизированная схема фракционирования органического вещества торфа, представленная на рис. 3.

Для возможности сравнения полученных данных с данными ведущих исследователей торфа, в качестве обезбитуминирующего агента предложено использовать смесь растворителей этанол : гексан. Однако в исследованиях, направленных на изучение трансформации битумной части торфа, особенно слабо разложив-

шегося, целесообразно использовать тот же растворитель, что и в химии растительного сырья (например, диэтиловый эфир). При анализе битумной части торфа с целью ее промышленного применения рациональнее использовать промышленные растворители (изопропиловый спирт, бензин БР-2, изобутанол и др.).

Извлечение гумусовых веществ предложено проводить 0,1 н. гидроксидом натрия, поскольку значимых отличий в выходах целевого компонента по сравнению с пирофосфатом

Спектрофотометрические исследования показали присутствие большого количества фенолов в экстрактах, извлекаемых холодной и горячей водой. Поэтому извлечение предложено проводить горячей водой с последующим разделением этанолом на полисахариды и полифенолы, а стадию извлечения водорастворимых веществ – из отдельной навески, ввиду малого их содержания (до 4 %).

Однако лабораторные исследования показали отсутствие значимых количеств полисахаридов в водных экстрактах верхового торфа Европейского Севера России. Поэтому представляется нецелесообразным проводить эту стадию фракционирования.

Н. Н. Бамбалов доказал, что предварительный кислотный гидролиз не полностью уда-

ляет легкогидролизуемые соединения из торфа и приводит к радикальному изменению молекулярного строения гуминовых кислот [3]. Кислотный гидролиз предложено проводить двухступенчато после выделения гумусовых веществ, аналогично методике Ефимова – Васильковой.

С использованием оптимизированной методики была проведена оценка состава органического вещества группового химического состава торфа, сформированного в условиях западного сегмента Севера России. Для сравнения приведены результаты исследования группового химического состава идентичных образцов торфа по методике международного гуминового сообщества [19]. Результаты представлены на рис. 4.

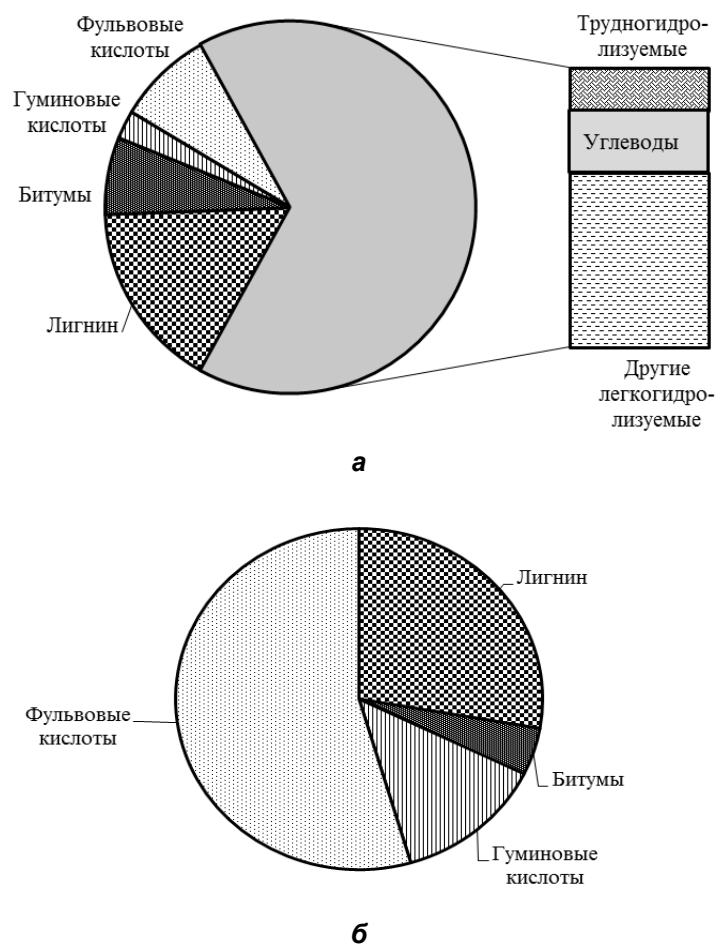


Рис. 4. Групповой химический состав торфа, сформированного в условиях западного сегмента Севера России, исследованный различными методами: а – оптимизированная методика; б – методика международного гуминового сообщества (IHSS)

Из диаграмм следует, что при использовании методики фракционирования органического вещества торфа международного гуминового сообщества данные по содержанию гуминовых и фульвокислот несколько завышены, а содержание углеводной части торфа не учитывается во-

обще. При этом содержание битумной части практически одинаковое при использовании обеих методик.

Таким образом, использование оптимизированной схемы дает возможность получить более глубокие и достоверные данные о составе

органической части торфа, сформировавшегося в условиях западного сегмента Арктики. Помимо этого, применение оптимизированной схемы обеспечит выделение практически незагрязненных групповых органических компонентов торфа и позволит использовать данные по групповому

составу для сопоставления с данными исследователей торфа ведущих школ России и мира.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта фундаментальных исследований УрО РАН №15-2-5-3, а также грантов РФФИ №14-05-90011-Бел_а и БРФФИ Х14Р-233.

Литература

1. **Архипов, В. С.** Состав и свойства типичных видов торфа центральной части Западной Сибири / В. С. Архипов, С. Г. Маслов // *Химия растительного сырья*. – 1998. – № 4. – С. 9–16.
2. **Бамбалов, Н. Н.** Методика фракционно-группового анализа органического вещества торфяных почв / Н. Н. Бамбалов, Т. Я. Беленькая // *Мелиорация и проблемы органического вещества*. – Минск, 1994. – С. 92–102.
3. **Бамбалов, Н. Н.** Содержание легкогидролизуемых веществ в гуминовых кислотах, выделенных из торфа при различных условиях / Н. Н. Бамбалов, В. В. Смирнова // *Природопользование*. – Минск, 2014. – Вып. 25. – С. 179–182.
4. **Ефимов, В. Н.** Торфяные почвы и их плодородие / В. Н. Ефимов. – Л., 1986.
5. **Косов, В. И.** Торф (ресурсы, технологии, геоэкология) / В. И. Косов [и др.]. – СПб., 2007.
6. **Лиштван, И. И.** Основные свойства торфа и методы их определения / И. И. Лиштван, Н. Т. Король. – Минск, 1976.
7. **Парфенова, Л. Н.** Гидродинамические и поверхностно-активные свойства торфяных гуматов / Л. Н. Парфенова [и др.] // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 12. – С. 1411–1417.
8. **Пономарева, В. В.** Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения) / В. В. Пономарева, Т. А. Плотникова. – Л., 1980.
9. **Раковский, В. Е.** Химия и генезис торфа / В. Е. Раковский, Л. В. Пигулевская. – М., 1978.
10. **Селянина, С. Б.** Сравнительная характеристика поверхностно-активных свойств ароматических полимеров лигнинной и гумусовой природы / С. Б. Селянина, Л. Н. Парфенова, М. В. Труфанова // *Журнал прикладной химии*. – 2012. – Вып. 85, № 8. – С. 1341–1347.
11. **Стадников, Г. Л.** Химия торфа / Г. Л. Стадников. – 2-е изд. – М., 1932.
12. **Томсон, А. Э.** Торф и продукты его переработки / А. Э. Томсон, Г. В. Наумова. – Минск, 2009.
13. **Тюремнов, С. Н.** Торфяные месторождения / С. Н. Тюремнов. – М., 1976.
14. **Шинкеева, Н. А.** Характеристика группового состава органического вещества репрезентативных торфов таежной зоны Западной Сибири / Н. А. Шинкеева, С. Г. Маслов, В. С. Архипов // *Вестник ТГПУ*. – 2009. – № 3. – С. 116–119.
15. **Lowe, L. E.** Studies on the nature of sulfur in peat humic acid from the Fraser river, British Columbia / L. E. Lowe // *Sci. Total. environ.* – 2013. – P. 133–145.
16. **Maryganova, V. V.** Changes in the composition of humic substances depending on the depth of peat occurrence / V. V. Maryganova [et al.] // *Solid Fuel Chemistry*. – 2013. – Vol. 47, № 3. – P. 153–164.
17. **Meyer, G.** Optimizing the protocol for the isolation of humic substances with regards to their use in biological systems / G. Meyer, R. Klocking // *Proceedings of the Arbeitstagung Torf und Huminstoffe, Zittau*. – Germany, 2011.
18. **Meyer, G.** Humic acid quality: using oxalic acid as precipitating agent / G. Meyer, R. Klocking // *Functions of natural organic matter in changing environment*. – 2013. – P. 1055–1059.
19. **Swift, R. S.** Organic matter characterization (chap 35) / R. S. Swift // *Methods of soil analysis*. – Madison, WI : Soil Science Society of America. – 1996. – Vol. 3. – P. 1018–1020.

¹ФГБУН «Институт экологических проблем Севера УрО РАН», г. Архангельск, Россия,

²Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

Поступила в редакцию 12.11.2015 г.

**О. Н. Ярыгина, Т. И. Пономарева, М. В. Труфанова, С. Б. Селянина, Л. Н. Парфенова,
С. С. Хвиюзов, А. Э. Томсон, Т. В. Соколова, В. П. Стригуцкий, В. С. Пехтерева**

**К ВОПРОСУ О СОДЕРЖАНИИ ГРУППОВЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ТОРФА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЯЕМЫХ СХЕМ ИХ ВЫДЕЛЕНИЯ**

Статья посвящена анализу схем выделения компонентов торфа, наиболее широко используемых исследователями России, Беларуси и других стран.

Несмотря на узкий диапазон низких значений степени разложения (до 10 %), наблюдаются существенные отличия в содержании битумов и ГК, для отдельных образцов – в 5 раз. Проявляется и корреляция в содержании данных групповых составляющих.

Выполнен анализ популярных методов исследования группового состава торфа. На основе литературных данных и собственных лабораторных исследований разработана оптимизированная схема фракционирования органического вещества торфа. Она с одной стороны учитывает все основные групповые составляющие торфа, а с другой – позволяет проводить сопоставления с результатами других исследователей. Предложено при выборе растворителей для обезбитуминирования принимать во внимание поставленную задачу исследования: изучение трансформации битумной части торфа, определение возможности промышленного применения и т.д.

**O. N. Yarygina, T. I. Ponomaryova, M. V. Trufanova, S. B. Selyanina, L. N. Parfyonova,
S. S. Hviyuzov, A. E. Tomson, T. V. Sokolova, V. P. Strigutskyi, V. S. Pehtereva**

**TO THE QUESTION ABOUT GROUP COMPONENTS CONTENT
OF PEAT IN DEPENDENCE OF USING SCHEMES OF ITS ISOLATION**

The article is dedicated to the analysis of scheme isolation of peat components, which is widely used by Russian and Belarusian researchers and researches from other countries.

Despite narrow range of low values of the degree of decomposition (to 10 %) significant differences in bitumen and HA content are observed, for separate samples – to 5 times. The correlation in the content of given group components appear.

The analysis of popular methods of study of group content of peat has been done. The optimize scheme of fraction of organic peat substance has been developed on the base of literary data and own laboratory research. To the one side it takes into account all main group components of peat and on the other – allows to held comparisons with another researchers' results. It has been proposed to take into account posed issue of research at choosing solvents for removal of bitumen: transformation of bitumen part of peat, determination of possibility of industrial use etc.

УДК 636.087.7

Г. В. Наумова¹, А. И. Козинец², Н. А. Жмакова¹, Н. Л. Макарова¹,
Т. Ф. Овчинникова¹, М. А. Надаринская², О. Г. Голушко²

НОВАЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНАЯ КОРМОВАЯ ДОБАВКА «ЭКОЛИН» И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Установлено положительное влияние биологически активной меланоидино-гуминовой кормовой добавки «Эколин» на молочную продуктивность коров и качество молочной продукции по показателям жирности, содержания белка и минерального состава.

Проблема повышения адаптационных возможностей обмена веществ в организме высокопродуктивных животных в условиях роста интенсификации сельскохозяйственного производства и воздействия повышенных стрессовых нагрузок сегодня является одной из самых актуальных. Известно, что интенсивность метаболизма у высокопродуктивных животных намного выше, чем у среднепродуктивных, а поэтому им требуется гораздо больше питательных веществ на поддержание физиологического состояния и синтез продукции. Кроме того, эти животные в большей степени подвержены заболеваниям и стрессам. Четвертая часть всех заболеваний высокопродуктивных молочных коров имеет в своей этиологии нарушение метаболизма, обусловленное, прежде всего, накоплением продуктов незначительных отклонений обменных процессов, причина появления которых имеет в большей степени стрессовое происхождение. Образовавшиеся патологии можно устранить путем введения в рацион животных биологически активных добавок, положительно воздействующих на обменные процессы и обеспечивающих оптимальный адаптационный отклик организма и профилактику нарушений метаболизма [1–3]. В этой связи важное практическое значение приобретает разра-

ботка и применение в высокопродуктивном животноводстве экологически безопасных кормовых добавок адаптогенного действия. Большой интерес в этом плане представляют продукты химической переработки сырья растительного происхождения, содержащие в своем составе широкий спектр биологически активных соединений [4–6].

Представлялось целесообразным использовать в качестве исходного сырья меланоидированные ростки солода и торф с повышенной степенью разложения. Ростки солода являются отходом пивоваренного производства, образующимся при приготовлении темных сортов пива и не всегда находят применение в качестве вторичного сырья. Компонентный состав ростков солода и торфа представлен в табл. 1.

По методикам, принятым для торфа в них определяли содержание органических компонентов: водорастворимых веществ, гемицеллюлоз, целлюлозы, щелочерастворимой фракции, которая для торфа представлена гуминовыми веществами, а для ростков солода – меланоидинами. В составе всех углеводных фракций определяли содержание редуцирующих веществ (РВ) эбулиостатическим методом.

Таблица 1. Компонентный состав меланоидированных ростков солода и осокового торфа, $R = 35\text{--}40\%$

Вид сырья	Содержание компонентов, % к органической массе							
	водорастворимые вещества		легкогидролизующие вещества		трудногидролизующие вещества		щелочерастворимые вещества	негидролизующий остаток
	общее содержание	РВ в них	общее содержание	РВ в них	общее содержание	РВ в них		
Ростки меланоидированного солода	13,5	5,9	38,1	12,9	13,3	12,1	28,8	6,3
Осоковый торф, $R = 35\text{--}40\%$	3,7	1,4	28,0	13,4	5,2	8,0	46,7	16,4

Как видно из приведенных данных, компонентный состав ростков солода характеризуется высоким содержанием углеводных составляющих, причем содержание легкогидролизующих и водорастворимых веществ преобладает над трудно-

гидролизующими. Меланоидированные ростки солода содержат значительное количество щелочерастворимых веществ, представленных в основном меланоидинами. В составе высоко разложившегося осокового торфа присутствует

43,7 % гуминовых веществ, а углеводов он содержит значительно меньше, чем растительное сырье, к которому относятся и ростки солода.

Новая биологически активная кормовая добавка «Эколин», представляет собой композицию из гидролизатов ростков солода и торфа. Продукты гидролиза торфа содержат более 50 % гуминовых кислот, обладающих высоким стимулирующим и антиоксидантным действием, положительно влияющих на обменные процессы и иммунитет. Кроме этого, они содержат и другие биологически активные соединения: карбоновые кислоты и аминокислоты, углеводы, окисленные до хинонов фенолы, микроэлементы, усиливающие действие гуминовых веществ по принципу синергизма. Гидролизат ростков солода богат меланоидинами и аминокислотами. Меланоидины активно воздействуют на обменные процессы в живой клетке, а аминокислоты являются не только исходным материалом для образования в

организме животных белка, но и играют многогранную биологическую роль. Меланоидины и гуминовые вещества обладают мембранотропным действием, ускоряя поступление в клетку питательных веществ и повышая эффективность их использования. В качестве дополнительных биологически активных микроэлементов в добавку вводили селенит натрия и йодид калия.

Исследован химический состав биологически активной кормовой добавки «Эколин» полученной от смешивания в определенной пропорции гидролизатов ростков солода и торфа и предназначенной для корригирования обмена веществ животных. В препарате определено содержание органических веществ, а в их составе – меланоидины, гуминовые кислоты, свободные фенольные соединения, низкомолекулярные карбоновые кислоты, редуцирующие вещества, а также содержание общего азота и микроэлементов йода и селена (табл. 2).

Таблица 2. Химический состав биологически активной кормовой добавки «Эколин»

Компонент	Содержание, % на ОМ препарата
Органические вещества	100,00
Гуминовые вещества	26,46
Меланоидины	49,14
Фенольные соединения	2,58
Органические кислоты	17,70
Аминокислоты	0,03
Редуцирующие вещества	0,34
Общий азот	0,11
Селен, ppm	0,50
Йод, ppm	10,70

Преобладающим компонентом кормовой добавки являются меланоидины, содержание которых в ней составляет 49,14 % от органической массы (ОМ). Значительным является также присутствие гуминовых веществ, 26,46 % ОМ. Эколин содержит 2,58 % свободных фенольных соединений. Обращает на себя внимание наличие в препарате значительных количеств низкомолекулярных карбоновых кислот 17,70 % ОМ, общего азота — 0,11 %.

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству» исследована эффективность применения кормовой добавки «Эколин» в рационах высокопродуктивных коров в основном периоде лактации в научно-производственном опыте, проведенном в условиях «Экспериментальной базы Жодино» Смолевичского района Минской области с использованием трех групп высокопродуктивных коров чернопестрой породы (по 10 голов в каждой) со средней живой массой 600 кг и удоем за последнюю лактацию 6000–7000 кг молока.

В течение 30 дней после периода раздоя ежедневно с концентратами животные II и III опытных групп получали кормовую добавку

«Эколин» в количестве 50 и 100 мл на голову соответственно.

За молочной продуктивностью следили по контрольным дойкам и качественным показателям молочных проб на начало опыта, по его окончанию, и в период последействия добавки через 1–2 месяца. Данные по влиянию биологически активной кормовой добавки «Эколин» на молочную продуктивность коров представлены в табл. 3.

Продуктивность подопытных животных имела тенденцию к повышению с увеличением дозы вводимого препарата. Так, в пересчете на базисную жирность в группах II и III было получено 25,68 и 25,1 кг молока соответственно против 21,13 кг в контроле. Выход молочного жира за месяц превысил показатели в контроле на 21,53 и 23,9 % соответственно. Выход молочного белка у опытных коров имел разницу с контролем равную 17,3 и 20,0 % соответственно.

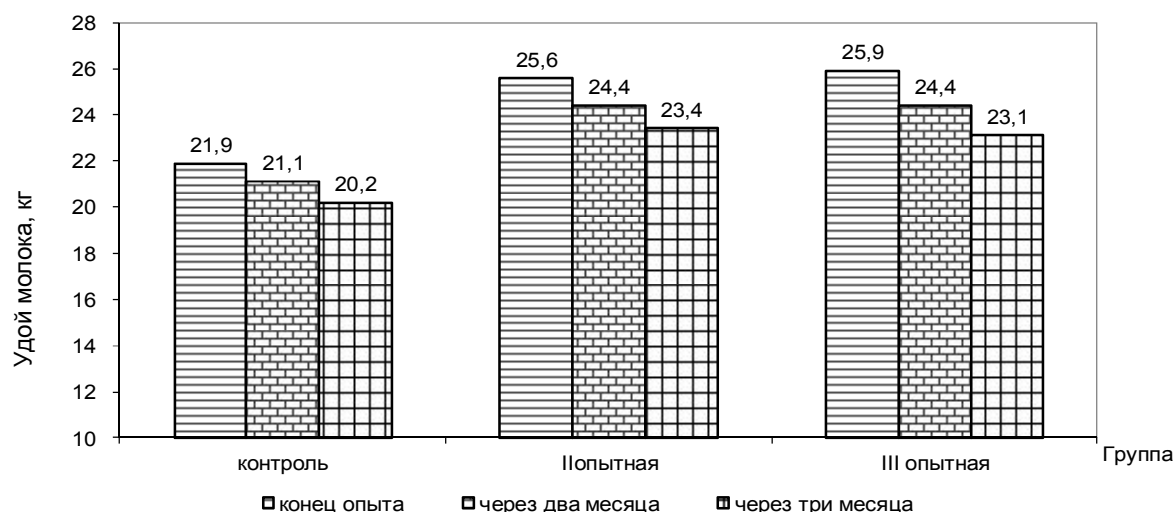
Коэффициент отношения «жир/белок» в группе II был выше, чем у контрольных животных на 3,4 %, в группе III превышение составило 4,2 %.

Таблица 3. Влияние биологически активной добавки «Эколин» на показатели молочной продуктивности и качество молока

Показатель	Группа		
	I	II	III
Средний суточный удой за период опыта, кг	21,90	25,60	25,90
Среднее содержание жира за период опыта, %	3,28	3,41	3,47
Среднее содержание белка за период опыта, %	2,79	2,80	2,83
Среднее содержание лактозы за период опыта, %	5,01	4,91	4,88
Среднесуточный удой базисной жирности, кг	21,13	25,68	26,43
Выход молочного жира за месяц, кг	21,55	26,19	26,96
Выход молочного белка за месяц, кг	18,33	21,50	22,0
Суточная продуктивность белка, г	611	717	733
Плотность, °А	1028,5	1028,1	1028,0
Кислотность, °Т	17,1	17,4	17,3
Коэффициент жир/белок	1,18	1,22	1,23

При анализе динамики среднесуточных удоев за период опыта и во время послействия, была выявлена тенденция сохранения повышения среднего суточного удоя в период

последствия добавки у коров опытных групп в течение двух месяцев после окончания опыта (рис. 1).

**Рис. 1. Динамика среднесуточных удоев**

Это свидетельствует о том, что биологически активная добавка «Эколин» не только оказывает положительный эффект в процессе скормливания, но и обеспечивает стабилизацию течения процессов метаболизма, направленных на высокую продуктивность, в течение последующего времени.

Скармливание добавки «Эколин» высокопродуктивным животным оказало положительное влияние не только на количество молока, но и на его качество. Уровень молочного жира к концу

опыта повысился на 0,13 % в группе II и на 0,15 % в группе III. Стоит отметить, что в сравнении с началом опытного периода жирность молока в контрольной группе снизилась, тогда как в опытных группах наблюдалось увеличение данного параметра (рис. 2). Содержание белка через 30 дней было выше на 0,12 % в молоке опытных коров, тогда как интенсивность белкового образования у контрольных животных была снижена на 0,08 %.

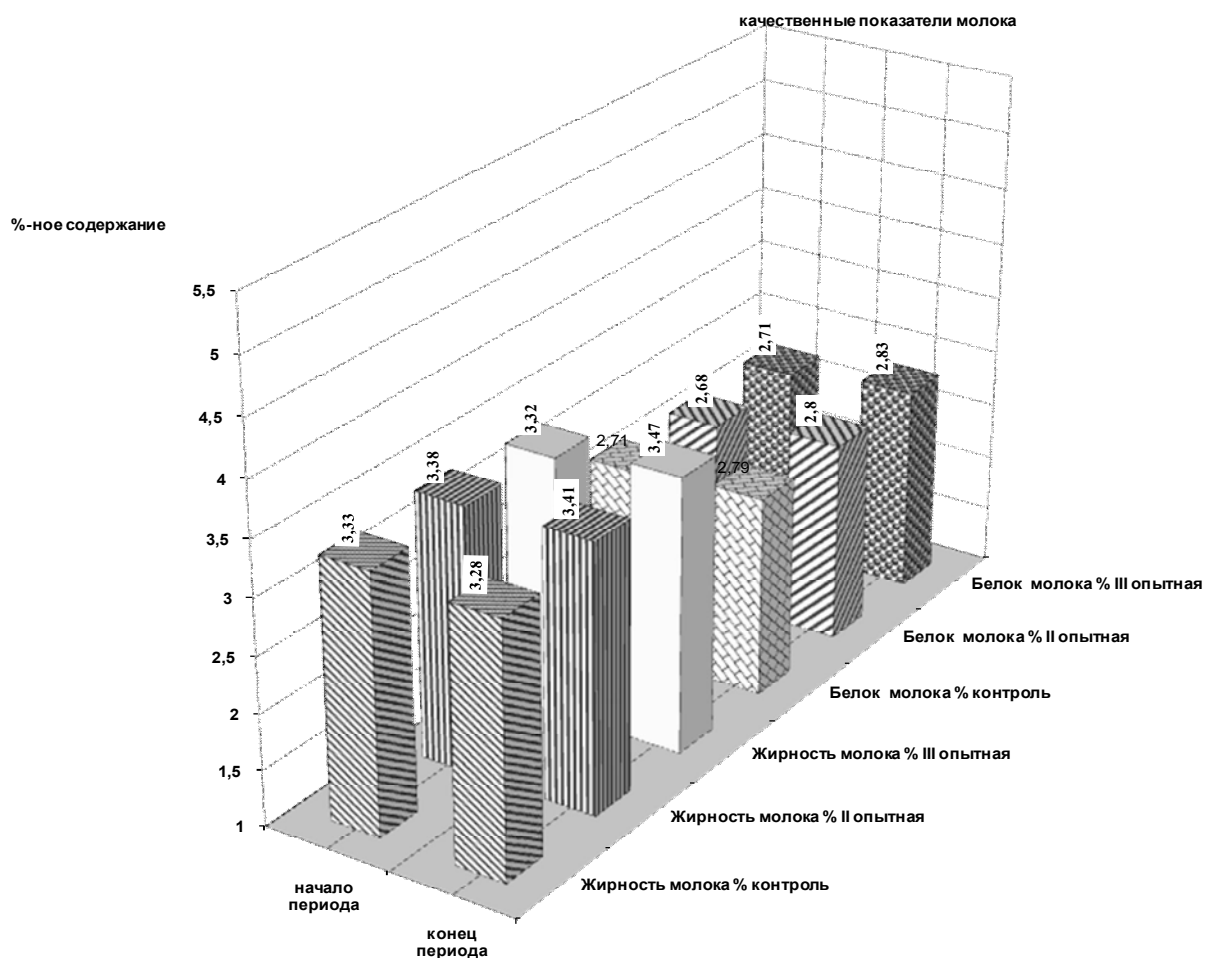


Рис. 2. Качественные показатели молока подопытных коров в основном цикле лактации

Показатели минерального состава молока с увеличением срока лактации имели тенденцию к снижению ряда макроэлементов (табл. 4).

Следует особо отметить снижение содержания нитратов в молоке коров опытных

групп, что составляло по отношению к началу опыта 29,2 % для группы II и 34,5 % для группы III и было ниже контроля на 23,9 и 12,9 % соответственно.

Таблица 4. Минеральный состав молока коров

Показатель	Группа					
	I	II	III	I	II	III
	Начало опыта			Конец опыта		
Кальций, г/л	1,2±0,001	1,1±0,01	1,1±0,01	1,14±0,01	1,30±0,01*	1,12±0,01
Фосфор, г/л	0,7±0,02	0,5±0,01	0,4±0,01	0,3±0,01	0,7±0,01	0,7±0,01
Магний, г/л	0,19±0,009	0,18±0,008	0,18±0,028	0,22±0,011	0,20±0,013	0,19±0,014
Калий, г/л	2,62±0,07	2,59±0,06	2,67±0,09	2,79±0,213	3,35±0,323	2,74±0,075
Натрий, г/л	0,63±0,037	0,58±0,041	0,58±0,022	0,51±0,038	0,58±0,022	0,58±0,018
Железо, мг/л	5,62±0,359	5,02±0,497	6,50±0,410	4,39±0,099	4,93±0,320	4,76±0,339
Марганец, мг/л	0,12±0,007	0,11±0,005	0,11±0,006	0,11±0,004	0,10±0,006	0,11±0,007
Медь, мг/л	0,28±0,012	0,30±0,009	0,32±0,017	0,17±0,013	0,17±0,008	0,20±0,009
Цинк, мг/л	3,08±0,174	3,27±0,177	2,94±0,055	2,85±0,080	2,68±0,136	2,63±0,115
Нитраты, мг/л	22,73±1,12	21,60±1,49	26,74±2,04	20,1±2,08	15,3±1,53	17,5±1,44
Кадмий, мг/л	0,011±0,0002	0,010±0,0004	0,009±0,0003	0,011±0,0003	0,0107±0,0005	0,0100±0,0003
Свинец, мг/л	0,033±0,0023	0,032±0,0010	0,036±0,0011	0,0320±0,0008	0,0307±0,0011	0,0310±0,0019

Снижение такого важного элемента метаболизма, как кальций в пробах молока контрольных коров через месяц лактации составило 5 %. У коров, получавших с кормом добавку «Эколин», концентрация кальция в молоке повысилась на 18,2 % ($P < 0,05$) в группе II и на 1,8 % в группе III. Уровень фосфора в молоке контрольных коров через месяц опыта снизился в 2 раза относительно нижней границы биохимического норматива (0,74–1,35 г/л). Введение добавки способствовало повышению уровня фосфора в молоке опытных коров групп II и III на 1,40 и 1,75 % соответственно. Следует отметить, что с возрастанием срока лактации в молоке контрольных коров снизилось содержание натрия на 19 %, тогда как введение кормовой добавки «Эколин» способствовало стабилизации уровня натрия и поддержанию его концентрации в молоке на неизменном уровне.

Микроэлементный состав молока после месяца лактации несколько снизился у коров контрольной группы. Отмечено существенное снижение железа (на 21,9 %) в молоке коров контрольной группы, тогда как введение добавки обеспе-

чило сокращение падения концентрации железа на 1,8 % в группе II и на 26,8 % в группе III.

Свидетельством детоксицирующей функции гуминовых кислот является уменьшение количества ряда микроэлементов, относимых к разряду тяжелых металлов, таких, как медь, цинк и свинец. Установлено, что с введением кормовой добавки «Эколин» количество свинца снизилось на 4,1 % в молоке коров группы II и на 13,9 % – группы III. Вместе с тем отмечено некоторое повышение содержания кадмия в молоке опытных коров, однако оно не вышло за пределы МДУ.

Таким образом, включение в рацион высокопродуктивных коров биологически активной меланоидиново-гуминовой кормовой добавки «Эколин» в дозе 50 и 100 мл/сут. на голову способствовало повышению молочной продуктивности животных и качества молока по показателям жирности, содержания белка, а также улучшению его минерального состава. Введение добавки оказывало положительное влияние на стабилизацию процессов метаболизма, направленных на высокую продуктивность, в течение последующих двух месяцев.

Литература

1. **Влияние** биологически активных препаратов «Гидрогумат» и «Оксигумат» на иммунитет и обменные процессы у животных / В. П. Бойко [и др.] // Природопользование. – Минск, 1998. – Вып. 4. – С. 82–86.
2. **Деркач, В. А.** Использование биологически активных препаратов для иммунокоррекции организма телят / В. А. Деркач // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Минск, 2003. – Т. 38. – С. 325–328.
3. **Использование** оксидата торфа в растениеводстве и в рационах молодняка крупного рогатого скота / Г. В. Наумова [и др.] // Известия Белорусской инженерной академии. – 1999. – № 2(8). – С. 49–52.
4. **Кобозев, В. И.** Влияние оксидата торфа на естественную резистентность и качество мяса свиней / В. И. Кобозев, К. М. Ковалевский, А. Е. Янченко // Ученые записки Витебской ордена «Знак Почета» Гос. акад. ветеринарной медицины. – Витебск, 1993. – Т. 30. – С. 35–36.
5. **Панова, В. А.** Эффективность скармливания биологически активного препарата оксидата торфа молодняку крупного рогатого скота. Зоотехническая наука Беларуси / В. А. Панова, В. Ф. Радчиков, Н. В. Лосев // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Минск, 2002. – Т. 37. – С. 173–175.
6. **Продукты** окислительно-гидролитической деструкции торфа как биологически активные добавки к корму рыб / В. Я. Линник [и др.] // Природопользование. – Минск, 1999. – Вып. 5. – С. 100–102.

¹Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь,

²РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», г. Жодино, Минская обл., Беларусь

Г. В. Наумова, А. И. Козинец, Н. А. Жмакова, Н. Л. Макарова,
Т. Ф. Овчинникова, М. А. Надаринская, О. Г. Голушко

НОВАЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНАЯ КОРМОВАЯ ДОБАВКА «ЭКОЛИН» И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Институтом природопользования НАН Беларуси совместно с РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству» разработана биологически активная кормовая добавка «Эколин», представляющая собой композицию из гидролизатов ростков солода и торфа. Продукты гидролиза торфа содержат более 50 % гуминовых кислот, аминокислоты, карбоновые кислоты, углеводы, окисленные до хинонов фенолы, микроэлементы. Биологически активный гидролизат ростков солода богат меланоидинами и аминокислотами. Меланоидины и гуминовые вещества обладают мембранотропным действием, ускоряя поступление в клетку питательных веществ и повышая эффективность их использования. В качестве дополнительных микроэлементов в добавку вводят селенит натрия и йодистый калий.

Испытания эффективности новой кормовой добавки в научно-производственном опыте, проведенном в условиях «Экспериментальной базы Жодино» Смолевичского района Минской области на высокопродуктивных коровах в основном периоде лактации, показало, что введение ее в рацион высокопродуктивных коров на раздое в дозе 50 и 100 мл/сут. на голову/сут. способствовало повышению молочной продуктивности животных по сравнению с контрольной группой на 16,8–18,0 %. Отмечено также положительное влияние кормовой добавки «Эколин» на качество молока. Уровень молочного жира к концу опыта в сравнении с началом опытного периода повысился на 0,13 % в группе II и на 0,15 % в группе III, тогда как жирность молока в контрольной группе снизилась. Содержание белка через 30 дней опыта было выше на 0,12 % в молоке опытных коров, тогда как интенсивность белкового образования у контрольных животных снизилась на 0,08 %. Отмечено улучшение минерального состава молока – повышение содержания кальция и фосфора и значительное снижение содержания нитратов в сравнении с молоком коров контрольной группы.

G. V. Naumova, A. I. Kozinets, N. A. Zhmakova, N. L. Makarova,
T. F. Ovchinnikova, M. A. Nadarinskaya, O. G. Golushko

NEW BIOLOGICALLY ACTIVE FEED ADDITIVE «EKOLIN» AND EFFICIENCY OF ITS APPLICATION

Institute of Nature Management of NAS of Belarus jointly with RUE «Science-practical center of NAS of Belarus on Animal Breeding» developed a biologically active feed additive «Ekolin» – a composition of hydrolysates of malt sprouts and peat. The hydrolysis products of peat contain more than 50 % humic acids, amino acids, carboxylic acids, carbohydrates, oxidized to quinones, phenols, and microelements. The biologically active hydrolyzate malt sprouts rich in amino acids and melanoidins. Melanoidins and humic substances have membranotropic action, accelerating the flow of the cell nutrients and increasing the efficiency of their use. As additional micronutrient additive is added sodium selenite and potassium iodide.

Testing the effectiveness of a new feed additive research and production experience, held in conditions of «experimental base Zhodino» Smolevichi district, Minsk region in the highly productive cows mainly in lactation period, showed that introducing it in the diet of highly productive cows on Section at a dose of 50 and 100 ml per head/day helped to improve milk production of animals compared to the control group at 16,8–18,0 %. There was also a positive effect of the feed additive «Ekolin» on milk quality. The level of milk fat to the end of the experiment compared to the beginning of the test period increased by 0.13 % in group II and 0.15 % in the group III, whereas milk fat in the control group decreased. The protein content in 30 days of the experiment was 0.12 % higher than in milk cows experienced, whereas the intensity of the formation of the protein in the control animals decreased by 0.08 %. The improvement of the mineral composition of milk – elevated levels of calcium and phosphorus, and a significant reduction of nitrate content in comparison to milk the cows in the control group.

ОБ ИТОГАХ УЧАСТИЯ БЕЛОРУССКОЙ ДЕЛЕГАЦИИ В XXXVIII КОНСУЛЬТАТИВНОМ СОВЕЩАНИИ ПО ДОГОВОРУ ОБ АНТАРКТИКЕ

Ежегодно двенадцать стран, первоначально подписавших Договор об Антарктике 1959 года, и те страны, которые подтвердили свою заинтересованность в Антарктике «проведением там существенной научно-исследовательской деятельности» – вместе называемые Консультативными Сторонами, которых к настоящему времени насчитывается 29, проводят совещания с целью, согласно ст. IX Договора об Антарктике, обмена информацией, взаимных консультаций по вопросам Антарктики, представляющим общий интерес, а также разработки, рассмотрения и рекомендации своим правительствам мер, содей-

ствующих осуществлению принципов и целей Договора. Такие Консультативные совещания по Договору об Антарктике (КСДА), являются основным органом координации и управления деятельностью в Антарктике; в них могут принимать участие Стороны, подписавшие Договор об Антарктике, но пока не получившие статус Консультативной Стороны; к таким Сторонам относится и Республика Беларусь.

С 1 по 10 июня 2015 г. в Национальном Дворце культуры в Софии, Болгария проходило очередное, XXXVIII-е Консультативное совещание по Договору об Антарктике.



Накануне официального открытия КСДА там же проходил Семинар по образовательной и информационно-просветительской деятельности, на котором Стороны – участники Договора представили итоги своей работы в данных сферах. На нем был обсужден ряд пленарных и стендовых докладов, свидетельствующих о значительных усилиях, предпринимаемых Сторонами по популяризации результатов научных исследований в Антарктике, подготовке научной смены, воспитанию бережного отношения к природе ледового континента. Это тем более важно в связи с ростом масштабов туризма в данном регионе.

В XXXVIII КСДА участвовала делегация Республики Беларусь в составе академика В. Ф. Логинова (руководитель делегации), заведующего лабораторией трансграничного загрязнения и климатологии Института природопользования НАН Беларуси, доктора технических наук С. В. Какарека, заместителя директора Республиканского центра полярных исследований (РЦПИ) А. А. Гайдашова и директора РЦПИ О. В. Снытина.

В официальном открытии КСДА участвовал Президент Республики Болгария Росен Плевнелиев. На заседаниях КСДА, Комитета по охране окружающей среды (КООС), рабочих групп (специальной рабочей группы по вопросам компетентных органов, касающимся туризма и неправительственной деятельности в Антарктике, рабочей группы по вопросам правовой и институциональной деятельности, рабочей группы по оперативным вопросам) обсуждались различные вопросы, связанные с деятельностью Сторон Договора в этом районе Земли:

- работа Системы Договора об Антарктике: отчеты и доклады Сторон, наблюдателей и экспертов, общие вопросы;

- многолетний стратегический план работы;

- отчет Комитета по охране окружающей среды;

- материальная ответственность;

- безопасность и деятельность в Антарктике;

- туризм и неправительственная деятельность в районе действия Договора об Антарктике;

- инспекции в рамках Договора об Антарктике и Протокола по охране окружающей среды;

- вопросы науки, научного сотрудничества и содействия;

- последствия изменения климата для режима управления в районе действия Договора об Антарктике;

- вопросы просвещения и обмена информацией;

- биологическая разведка в Антарктике;

- принятие Заключительного Отчета КСДА, подготовка XXXIX КСДА и прочие вопросы.

Среди тем, обсуждавшихся на протяжении 5 дней на заседании КООС XVIII, необходимо отметить вопросы сотрудничества с другими организациями, мероприятия по восстановлению и ликвидации экологического ущерба, оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС), мониторинга и представления данных об окружающей среде. Пункт «Охрана районов и планы управления» включал обсуждение и утверждение планов управления Особо охраняемыми (ООРА) и Особо управляемыми (ОУРА) районами, дополнение Перечня исторических мест и памятников, Правил поведения для посетителей участков, пространственной охраны морской среды и мер пространственного управления.

По пункту «Сохранение антарктической флоры и фауны» обсуждены вопросы карантина и неместных видов, особо охраняемых видов.

Значительное внимание уделено обсуждению отчета об инспекциях антарктических научных станций, подготовленного Великобританией и Чехией.

Повестка заседаний, таким образом, была очень обширной. Можно отметить, что только на заседании КООС рассмотрены 41 рабочий документ, включая 14 Планов управления ООРА и ОУРА, и 47 информационных документов. Общее количество рассмотренных на КСДА документов превысило 200.

Особое внимание белорусской делегации было уделено вопросу, непосредственно затрагивавшему нашу страну, а именно – обсуждению планов строительства Белорусской антарктической станции.

Как уже отмечалось в прессе и о чем было заявлено на XXXVI КСДА в Брюсселе (май 2013 г.), Республика Беларусь планирует построить в Антарктике научную станцию, что укрепит базу проведения научных исследований в данном регионе и будет содействовать получению статуса Консультативной Стороны Договора об Антарктике. Однако в соответствии с нормами Протокола по охране окружающей среды к Договору об Антарктике окончательное решение об осуществлении предлагаемой деятельности в районе действия Договора об Антарктике может быть принято только в том случае, если у Консультативного совещания по Договору об Антарктике (КСДА) была возможность рассмотреть по рекомендации Комитета по охране окружающей среды проект Всесторонней оценки окружающей среды (ВООС) планируемой деятельности.

Проект ВООС «Строительство и функционирование Белорусской антарктической станции на горе Вечерняя, Земля Эндерби» был подготовлен в 2013 г. в рамках Государственной программы «Мониторинг полярных районов Земли и обеспечение деятельности арктических и антарктических экспедиций на 2011–2015 годы» Институтом природопользования, Центром по биоресурсам и Республиканским центром полярных

исследований НАН Беларуси и направлен по дипломатическим каналам Сторонам Протокола по ООС и Комитету по охране окружающей среды (КООС) в январе 2014 г.

В соответствии с Порядком межсессионного рассмотрения КООС проектов ВООС была создана Межсессионная открытая контактная группа под председательством Австралии по рассмотрению Проекта ВООС, представленного Республикой Беларусь. На XXXVII Консультативном совещании в Бразилии, Бразилия (28.04–07.05.2014 г.) рассмотрение Проекта ВООС осуществлялось согласно пункту 8а Повестки дня и включало представление проекта ВООС (Беларусь), представление отчета Межсессионной контактной группы (Австралия), обсуждение КООС этих документов.

Рассмотрев Проект ВООС, представленный С. В. Какарека от имени Республики Беларусь, КООС уведомила КСДА, что Проект ВООС в целом соответствует требованиям Статьи 3 Приложения I к Протоколу по охране окружающей среды к Договору об Антарктике. Однако если Беларусь решит приступить к планируемой деятельности, то имеется ряд аспектов, по которым дополнительная информация или пояснения должны быть обеспечены в требуемой Окончательной ВООС. Замечания касались конструктивных особенностей станции, программ мониторинга, мер по защите окружающей среды при строительстве и эксплуатации станции, выбора площадки строительства, логистики, оценки воздействия и других аспектов.

За истекший период после XXXVII КСДА была проведена значительная работа по улучшению ВООС. Он был коренным образом переработан. Наряду с доработкой ВООС подготовлены детальные ответы на все полученные замечания, которые были включены в ВООС в качестве приложения.

На XXXVIII Консультативном совещании по Договору об Антарктике белорусская делегация Беларусь поблагодарила всех, работавших в составе МКГ над рассмотрением проекта ВООС и участвовавших в его обсуждении на заседании КООС XVII, и подтвердила, что полученные предложения позволили улучшить ВООС. Была представлена Окончательная ВООС и подчеркнуто, что в документ были внесены значительные изменения, касающиеся конструкции станции, программы мониторинга, мер по охране окружающей среды, оценки текущего состояния окружающей среды и других разделов ВООС. Было отмечено, что подробные ответы на каждое полученное замечание представлены в приложении к Окончательной ВООС. Беларусь также подчеркнула свою приверженность делу охраны окружающей среды и отметила, что она зарезервировала средства для проведения программ мониторинга окружающей среды.

В обсуждении Окончательной ВООС выступил представитель Российской Федерации. Итоги обсуждения подвел Председатель КООС Эвон МакАйвор (Австралия). Комитет поддержал документ, представленный Беларусью. Он отметил, что, распространив Окончательную ВООС и представив данный документ, в котором подробно изложено, каким образом были учтены полученные замечания, Беларусь выполнила свое обязательство в соответствии с Приложением I к Протоколу по охране окружающей среды. Комитет пожелал Беларуси успехов в строительстве и эксплуатации ее станции на горе Вечерняя, Земля Эндерби.

На заседании Рабочей группы по правовым вопросам и институциональной деятельности обсуждалось много важных аспектов. В частности, оживленные дискуссии вызвал проект документа, предусматривавшего введение практики уплаты добровольных взносов не консультативными странами Договора на нужды Секретариата, в частности, по оплате расходов на переводы на официальные языки КСДА. Однако была учтена позиция стран, в том числе Республики Беларусь, о преждевременности введения такой меры.

На заседании Был представлен информационный документ «О деятельности Республики Беларусь в Антарктиде в 2007–2014 гг.». Деятельность получила одобрение КСДА и документ был включен в итоговый отчет КСДА.

На заседании рабочей группы по оперативным вопросам обсуждался вопрос об использовании беспилотных и подводных аппаратов. Было решено обсудить эти вопросы на рабочей группе в межсессионный период и на следующем заседании КСДА разработать единые правила использования таких аппаратов. Обсуждались вопросы обмена опытом по их использованию.

Как и на предшествующих Консультативных совещаниях, поднимался вопрос материальной ответственности за нарушение Протокола об охране окружающей среды и ратификации посвященного данному аспекту деятельности в Антарктике Приложения VI к Протоколу. Данное Приложение уже много лет не может вступить в силу из-за недостаточного количества ратифицировавших его Сторон. Без этого Приложения механизмы регулирования деятельности в Антарктике, в том числе правительственных и неправительственных организаций, в частности туристических фирм, не заработают в полную силу.

Значительное внимание уделено обсуждению важных вопросов научного и логистического обеспечения деятельности Беларуси в Антарктике с ее комитетами. В частности, состоялась встреча с президентом Научного комитета по изучению Антарктиды (СКАР) профессором Лопесом. От него поступило предложение подать

заявку о вступлении Республики Беларусь в качестве наблюдателя в СКАР на очередном заседании в 2016 г. в Малайзии. Предложено также к следующему заседанию СКАР представить научный доклад о деятельности Республики Беларусь.

В процессе рабочих встреч с членами делегаций Австралии, Болгарии, Индии, Канады, Перу, Польши, Японии, Венесуэлы и других стран налажены рабочие контакты.

В ходе участия в работе КСДА нашли дальнейшее развитие вопросы международного сотрудничества и профессионального взаимодействия, были предприняты практические шаги для налаживания и укрепления двухстороннего и многостороннего сотрудничества, достигнуты

некоторые договоренности о развитии логистического и научного взаимодействия. Все это в совокупности будет содействовать оптимизации деятельности при выполнении международных обязательств Республики Беларусь и способствовать получению статуса консультативной страны.

Таким образом, участие делегации Республики Беларусь в XXXVIII КСДА можно считать успешным. Работа по экологическому обоснованию строительства научной станции завершена. В соответствии с нормами Протокола по охране окружающей среды через 60 дней после представления Окончательной ВООС на КСДА Республика Беларусь может приступить к строительству своей станции в Антарктике.

***С. В. Какарека, зав. лабораторией, д.т.н.,
В. Ф. Логинов, глав. науч. сотр., академик,
А. А. Гайдашов, заместитель директора
Республиканского центра полярных исследований***

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕМИНАР «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУК О ЗЕМЛЕ. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕГИОНОВ»

21–25 сентября 2015 г. Институтом природопользования НАН Беларуси совместно с Учреждением образования «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина» был проведен Международный научно-практический семинар «Актуальные проблемы наук о Земле. Геологические и географические исследования трансграничных регионов». Семинар проводился с целью анализа и обобщения опыта решения геологических и геоэкологических проблем трансграничных территорий, обсуждения результатов совместных исследований в области наук о Земле, выработки единых подходов к разрешению проблемных вопросов в области природопользования.

Приветствия в адрес участников направили Министр природных ресурсов и охраны окружа-

ющей среды Республики Беларусь А. М. Ковхута и Президент Российского геологического общества В. П. Орлов. При открытии семинара к участникам и гостям с приветственным словом обратились ректор Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина профессор А.Н. Сендер, директор Института природопользования НАН Беларуси академик А. К. Карабанов, профессор геологического факультета Варшавского университета Л. Маркс, председатель Государственной комиссии Украины по запасам полезных ископаемых профессор Г. И. Рудько.

В работе семинара приняли участие ученые и специалисты из пяти стран: Беларуси, России, Польши, Украины и Литвы.



**Участники научно-практического семинара «Актуальные проблемы наук о Земле.
Геологические и географические исследования трансграничных регионов»,
21–25 сентября 2015 г., Брест**

Беларусь представляли ученые и специалисты из Минска, Бреста, Витебска, Гомеля, в том числе из трех организаций НАН Беларуси (Институт природопользования, Полесский аграрно-экологический институт, НИРУП «Геоинформационные системы»), шести учреждений образования (Белорусский государственный университет, Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка, Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, Брестский государственный технический университет, Гомельский государ-

ственный университет имени Ф. Скорины, Витебский государственный университет имени П. М. Машерова), Государственного предприятия «НПЦ по геологии» Минприроды, Научно-исследовательского экономического института Министерства экономики Республики Беларусь, Белорусского научно-исследовательского и проектного института нефти РУП «Производственное объединение «Белоруснефть».

Среди зарубежных ученых выделялась представительная группа геологов из Польши, возглавляемая профессором Л. Марксом (Поль-

ский геологический институт, Варшавский университет, Государственная высшая школа г. Бяла-Подляски). Украинскую науку представляли ученые из Института географии НАН Украины, Национального университета биоресурсов и природопользования Украины, Института геохимии, минералогии и рудообразования имени Н. П. Семененко НАН Украины, Института геологических наук НАН Украины, Ровенского государственного гуманитарного университета и др. В работе семинара участвовали специалисты из Литвы (Центр природных исследований, Институт геологии и географии, Каунасский университет) и России (Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Российское геологическое общество).

В ходе работы Международного научно-практического семинара участниками было сделано более 90 докладов, охватывающих широкий круг актуальных проблем современной геологии, минералогии, геохимии, географии и природопользования в трансграничных регионах. Семинар включал пленарное и секционные заседания по следующим вопросам:

Актуальные проблемы региональной геологии и эволюционной географии;

Геологические, географические и экологические исследования трансграничных регионов;

Медицинская геология и география – современное состояние и перспективы развития;

Геология и география в высшей школе – вопросы подготовки кадров.

На пленарном заседании ведущими учеными были представлены доклады по приоритетным проблемам современного естествознания.

Академик А. К. Карабанов ознакомил участников семинара с результатами исследований в приграничных регионах Беларуси, проводимых в Институте природопользования НАН Беларуси – научном учреждении, осуществляющем комплексные исследования в области наук о Земле. Институтом на протяжении многих лет ведутся совместные с научными учреждениями Польши, Литвы, России и Украины трансграничные исследования в области геоэкологии, климатологии, гидрогеологии, тектоники, геодинамики и палеогеографии. Особенно тесные контакты поддерживаются с учеными Польского геологического института – Национального исследовательского института. В частности, в результате трансграничного сотрудничества выполнено комплексное исследование геологического строения приграничных районов Беларуси и северо-восточной Польши. С использованием современных ГИС-технологий издан комплект геологических карт региона, исследования позволили установить закономерности проявления гляцио-тектонических процессов при формировании четвертичных отложений на территории Белару-

си и северо-восточной Польши. Совместно с геофизиками Польской академии наук и НАН Украины по профилю «Георифт-13» разработана сейсмогеологическая двумерная модель распространения продольных и поперечных волн в коре и верхней мантии и рабочая модель литосферы. И таких примеров плодотворного сотрудничества ученых сопредельных государств можно привести множество.

Большой интерес вызвало выступление украинских ученых – профессора И. П. Ковальчука, профессора Д. В. Лыко и доцента В. А. Мартынюка об основных направлениях и перспективах региональных географо-лимнологических исследований озер Украинского Полесья. Учитывая, что у нас в стране широко исследуются проблемы Припятского Полесья, в том числе водные, представленные в докладе украинских коллег результаты будут способствовать формированию согласованного подхода для обеспечения устойчивого развития трансграничного региона.

Председатель Государственной комиссии Украины по запасам полезных ископаемых, профессор Г. И. Рудько представил обстоятельный доклад, посвященный новой междисциплинарной науке – биогеологии, рассматривающей глобальные, региональные и локальные экосистемы в контексте эволюции геологической среды Земли.

Наибольший интерес у участников семинара вызвали дискуссии, проходившие во время круглого стола, на котором были подведены итоги мероприятия. Участники семинара отметили необходимость получения новых данных для оценки минерально-сырьевого потенциала, создания современной основы комплексного использования природных ресурсов и решения прикладных задач территориального планирования; проведения регионального изучения недр Беларуси на приграничных территориях с соседними государствами; доведения степени геолого-геоморфологической изученности территории междуречья Западного Буга–Припяти до уровня изученности приграничных территорий северных районов Польши–Беларуси. Признано целесообразным продолжить научные исследования по ряду направлений, включая геологические корреляции и моделирование геологического строения территории Беларуси и сопредельных территорий; оценку состояния мелиорированных земель и их влияния на экологическую ситуацию и функционирование речных систем; ландшафтно-экологический мониторинг озерно-бассейновых систем как инструмента обеспечения их сбалансированного развития и рационального природопользования; комплексное геоэкологическое атласное картографирование бассейновых систем.

Актуально расширение и углубление связей между научными и образовательными учре-

ждениями разных стран и ведомств (чтение лекций в вузах академическими учеными, академическая мобильность студентов, магистрантов и аспирантов, стажировки). Была отмечена необходимость повышения качества подготовки высококвалифицированных кадров в области наук о Земле, в том числе за счет международного сотрудничества и реализации совместных образовательных программ.

Участниками семинара принято решение ходатайствовать об объявлении геологического обнажения в карьере «Речица» Березовского района Брестской области геологическим памятником природы, а также обратиться к руководству Министерства образования Республики Беларусь с предложением о включении дисциплины «География Беларуси» в перечень дисциплин типовых учебных планов всех специальностей для учреждений высшего образования.

В результате обсуждения работы семинара констатировано, что трансграничные исследования в науках о Земле в настоящее время оказывают значительное влияние на формирование

новых теорий, способствуя обновлению концептуального аппарата современного естествознания. Содержание пленарных и секционных докладов показало актуальность заявленной тематики и перспективность проведения научных исследований в данном направлении, а также общий высокий научный уровень мероприятия.

В рамках семинара была реализована специальная программа полевых исследований с выездом на геологические объекты в Березовском, Каменецком и Брестском районах Брестской области, где белорусскими и польскими специалистами были изучены особенности геологического строения ледниковых и межледниковых отложений.

По итогам работы семинара опубликована работа: Актуальные проблемы наук о Земле. Геологические и географические исследования трансграничных регионов : сб. материалов Международ. науч.-практ. семинара, Брест, 21–25 сент. 2015 г.) / Брест. гос. ун-т имени А. С. Пушкина ; редкол. : А. К. Карабанов (гл. ред) [и др.]. – Брест : БрГУ, 2015. – 251 с.

**Г. А. Камышенко,
ученый секретарь, канд. техн. наук**

ПАМЯТИ АЛЕКСАНДРА ВЛАДИМИРОВИЧА КОЖАРИНОВА (22.10.2055 г.–26.09.2013 г.)

22 октября 2015 г. исполнилось 60 лет со дня рождения географа и эколога, доктора биологических наук и кандидата географических наук профессора Александра Владимировича Кожаринова.

А. В. Кожаринов родился в Беларуси, его детство и отрочество прошли в г. Пинске. После окончания здесь средней школы он в 1972 г. поступил на географический факультет Белорусского государственного университета. Уже в студенческие годы сформировался его глубокий интерес к научным исследованиям, который был связан, прежде всего, с ботанической географией. Этот интерес во многом возник в результате знакомства с профессором Минского педагогического института (с 1993 г. Белорусский педагогический университет) доктором географических наук О. Е. Агаханяцем – известным исследователем растительности горных стран Центральной Азии, ставшим впоследствии его научным руководителем. С тех пор летние производственные практики студента А. В. Кожаринова проходили на Западном Тянь-Шане, а дипломная работа была посвящена флоре и растительности Сары-Челекского биосферного заповедника, созданного для охраны орехоплодовых лесов Южного Кыргызстана.

После окончания в 1977 г. университета с красным дипломом А. В. Кожаринов остался на кафедре физической географии материков и океанов и поступил в аспирантуру. Темой его диссертационного исследования стало влияние климата на растительность Беларуси. В связи с необходимостью подготовки научных кадров географического профиля в Академии наук он перешел в Институт геохимии и геофизики АН Беларуси. Здесь в контакте с известными учеными, в дискуссиях с коллегами, в творческой, демократической



обстановке научного коллектива, при взаимодействии с сотрудниками Института экспериментальной ботаники (Г. В. Вынаев, Н. В. Козловская и др.) происходило становление А. В. Кожаринова как молодого специалиста и неординарной личности.

Результатом многолетних исследований стала подготовленная и успешно защищенная в 1986 г. в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова кандидатская диссертация на тему «Пространственно-временной анализ климатической детерминации распределения популяций лесных растений в зональных условиях Беларуси».

Дальнейшая научная деятельность А. В. Кожаринова была связана с обучением в докторантуре и работой в Институте проблем экологии и эволюции имени А. В. Северцова РАН (г. Москва). Профессиональный рост Александра Владимировича как ученого во многом состоялся благодаря тесному сотрудничеству с доктором географических наук профессором Ю. Г. Пузаченко.

Несмотря на трудные 1990-е годы, научные интересы оставались главным приоритетом А. В. Кожаринова. Он собрал и проанализировал с использованием математико-статистических методов и самых современных информационных технологий обширный палеоботанический материал по европейской территории распадавшегося СССР и в 1994 г. успешно защитил диссертацию на соискание степени доктора биологических наук на тему «Динамика растительного покрова Восточной Европы в позднеледниковье – голоцене».



Высокая научная квалификация А. В. Кожаринова, его творческая энергия и несомненный организационный талант в постсоветский период оказались востребованными в Российской Федерации. После обучения в World Conservation Monitoring Centre (Кембридж, Великобритания) и получения сертификата в области «Biodiversity Information Management», А. В. Кожаринов с 1997 по 2001 г. руководил Информационно-аналитическим центром проекта глобального экологического фонда (ГЭФ) «Сохранение биоразнообразия в Российской Федерации». В 2000 г. он являлся также руководителем проекта «Биоразнообразие Европы–2000», выполняемого совместно с Европейским агентством по охране окружающей среды в рамках подготовки Министерской конференции «Окружающая среда для Европы». В последующие годы он возглавлял АНО «Центр развития экологических проектов» в Москве, являлся главным экспертом по информационно-коммуникационным технологиям АНО «Центр подготовки и реализации международных проектов технического содействия».

Участвуя в международных проектах, Александр Владимирович продолжал заниматься научной работой. С 2002 по 2004 г. он заведует лабораторией биогеоценологии имени В. Н. Сукачева. Результатом работы явились монографии «Руководство по ландшафтному планированию. Том 1. Принципы ландшафтного планирования и концепция его развития в России» (2000 г., в соавторстве с А. Н. Антиповым, И. Н. Волковой, Е. В. Гриценко и А. В. Дроздовым), «Состояние биоразнообразия Европейской части России» (2002 г. в соавторстве с О. С. Варламовой, Н. Е. Казанцевой, А. Э. Каримовым, И. А. Мерзляковой, А. Ю. Пузаченко, Ю. Г. Пузаченко и А. С. Шестаковым). В этот же период публикуется ряд его статей по динамике растительности, биоразнообразию, экологическим проблемам в журнале «Известия РАН, серия географическая», Ботаническом журнале, материалах ландшафтных конференций и др.

Последние годы жизни А. В. Кожаринова были связаны с научно-организационной деятельностью по внедрению в Российской Феде-

рации принципов и стандартов «зеленой» экономики. В 2009 г. он был назначен научным руководителем Рабочей группы Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации по разработке Системы добровольной сертификации объектов недвижимости – «зеленые» стандарты. С 2009 по 2010 г. возглавлял НП «Центр экологической сертификации – Зеленые стандарты», а в 2010 г. стал научным руководителем этого Центра.

А. В. Кожаринов активно участвовал в реализации самых различных образовательных проектов. Например, в сентябре 2011 г. он входил в состав Оргкомитета VII Министерской конференции «Окружающая среда для Европы» и секции «Зеленые здания в Центральной Азии и на Южном Кавказе» (Астана). Мероприятие было направлено на представление лучших результатов и опыта успешного внедрения новых технологий в области зеленого строительства и энергоэффективности в странах региона. В 2012 г. осуществил обучение представителей строительных компаний ГК «Олимпстрой» «Сочи–2012». В этом же году выступил автором и научным руководителем проекта СТО ГК «Автодор». В этот период он много ездил по регионам России с лекциями.

В связи с решением проблемы изменения климата его биогеографические и палеогеографические исследования оказались актуальными и востребованными и в настоящее время. Монография А. В. Кожаринова «Климатохорологический анализ популяций лесных растений Белоруссии», опубликованная по материалам кандидатской диссертации в Минске в 1989 г., входит в библиографические списки современных обзорных работ. Последняя монографическая работа А. В. Кожаринова «Динамика широколиственных лесов Восточной Европы за 15 000 лет. История развития растительного покрова», была опубликована в 2013 г. уже после его кончины.

Плодотворная, насыщенная событиями жизнь А. В. Кожаринова безвременно оборвалась 26 сентября 2013 г. Несмотря на свой ранний уход, он оставил яркий след в науке, добрую память в сердцах коллег–земляков.

**В. С. Хомич, зам. директора по научной работе, д-р геогр. наук,
В. В. Коляда, науч. сотрудник,
О. В. Кадацкая, старший науч. сотрудник, канд. геогр. наук**

Научное издание

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Сборник научных трудов
Выпуск 28

Редактор *Н. Т. Гавриленко*

Компьютерная верстка *Т. Н. Козловская*

Переводчик *М. Ю. Козловская*

Подписано в печать 30.12.15. Формат 60×90/8. Бумага офсетная.
Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 17,55. Уч.-изд. л. 10,05.
Тираж 110 экз. Заказ № 1783

Издатель и полиграфическое исполнение
Государственное предприятие «СтройМедиаПроект».
Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/43 от 03.10.2013,
№ 2/42 от 13.02.2014.
Ул В. Хоружей, 13/61, 220123, г. Минск.