

Природо- пользование

ВЫПУСК 18



2010

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

РЕДКОЛЛЕГИЯ:

академик, д-р сел.-хоз наук Н. Н. Бамбалов, д-р техн. наук Н. И. Березовский, д-р техн. наук
Г. П. Бровка, д-р техн. наук А. П. Гаврильчик, д-р геогр. наук А. А. Волчек, канд. геогр. наук
О. В. Кадацкая, д-р техн. наук С. В. Какарека, канд. техн. наук Г. А. Камышенко, д-р геогр. наук
Т. И. Кухарчик (отв. секретарь), д-р геогр. наук В. Н. Киселев, член-корреспондент, д-р геол.-мин. наук
А. В. Кудельский, академик, д-р геогр. наук В. Ф. Логинов, академик, д-р техн. наук И. И. Лиштван,
канд. техн. наук В. Н. Марцуль, академик, д-р геол.-мин. наук А. В. Матвеев, д-р техн. наук
Э. И. Михневич, д-р техн. наук Г. В. Наумова, д-р геогр. наук И. И. Пирожник, член-корреспондент,
д-р хим. наук А. И. Ратько, канд. геол.-мин. наук В. В. Савченко, канд. геогр. наук М. И. Струк,
канд. хим. наук А. Э. Томсон (зам. гл. редактора), д-р техн. наук П. Л. Фалюшин, 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.	О возможной причине жаркого лета 2010 г.	5
Логинов В. Ф., Коляда В. В.	Влияние урбанизации на увеличение термических ресурсов юга Беларуси	9
Мальчихина А. В.	Территориальная структура выбросов аммиака в Беларуси	16
Кадацкая О. В., Санец Е. В., Овчарова Е. П., Русая И. Е.	Оценка гидрохимического состояния Западного Буга	23
Логинов В. Ф., Волчек А. А., Шешко Н. Н.	Оптимизация системы наблюдений режима подземных вод природно-территориального комплекса «Беловежская пуща»	31
Кухарчик Т. И., Какарека С. В., Хомич В. С., Козыренко М. И., Курман П. В., Лапко Т. Л., Городецкий Д. Ю.	Загрязнение почв полихлорированными бифенилами в зонах локального воздействия и методы их очистки	36
Лукашёв О. В., Натаров В. М., Лукашёва Н. Г., Савченко С. В.	Микроэлементы в почвах Березинского биосферного заповедника	45
Марцинкевич Г. И., Счастливая И. И., Гагина Н. В., Бакарасов В. А., Усова И. П.	Антропогенная трансформация ландшафтов проблемных регионов Беларуси	55
Кравчук Л. А., Баженова Н. М.	Природные предпосылки формирования ландшафтно-рекреационных комплексов в городах Беларуси	64
Савич-Шемет О. Г., Томина Н. М., Анцух Ю. П.	Оценка антропогенной преобразованности водосборов малых рек г. Минска	74
Струк М. И.	Эколого-географическая оценка размещения крупного техногенного объекта	81
Ракович В. А., Симакова Г. И.	Генезис болота Дикое и оценка скорости аккумуляции углерода и азота торфяной залежью	90
Камышенко Г. А.	Анализ устойчивости урожайности сельскохозяйственных культур Беларуси (на примере озимой пшеницы и картофеля)	97
Михальчук Н. В.	«Орхидный пояс» Полесья	103
Тышкевич В. Е., Гулик В. Н., Шимчук А. А.	Трофическая емкость урочищ и целесообразность укрупнения Тетеринской популяции благородного оленя	108
Какарека С. В., Круковская О. Ю.	Уровни и структура затрат на охрану атмосферного воздуха. Сравнительный анализ	121
Курзо Б. В., Гайдукевич О. М., Кляуззе И. В., Кирильчик И. А.	Методология формирования базы данных и разработки карты сапропелевых месторождений Беларуси	128
Аношко Я. И., Унукович А. В., Скрипко А. Н.	Стоимостная оценка месторождения гипса «Бриневское»	135

II. БИОСФЕРНОСОВМЕСТИМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

Лиштван И. И., Фалюшин П. Л., Дударчик В. М., Крайко В. М.	Качественные характеристики бурых углей Лельчицкого углепроявления	142
Фалюшин П. Л., Братишко Р. Ф., Жуков В. К., Ануфриева Е. В.	О термическом разложении торфа совместно с отходами поливинилхлорида	148
Бровка Г. П., Дорожок И. Н., Гишкелюк И. А.	Методика экспериментального исследования гидродисперсии водорастворимых соединений в почвах и грунтах при различных скоростях фильтрационного потока	153
Бабец М. А., Ильин В. П., Масловская Е. А.	Применение кинетического метода полевого лабораторного контроля растворяющей способности технологических жидкостей на Любанской залежи карналита	160
Наумова Г. В., Кветковская А. В., Макарова Н. Л., Овчинникова Т. Ф., Жмакова Н. А., Заяц В. Н., Надаринская М. А.	Биологически активные препараты из местного природного сырья и их испытания в качестве кормовых добавок	164
Соколов Г. А., Рак М. В., Гаврильчик Н. С., Симакина И. В.	Агроэнергетическая эффективность некорневых подкормок сельскохозяйственных культур жидкими микроэлементными удобрениями с гуминовыми веществами «ЭлеГум»	170
Соколов Г. А., Красноберская О. Г., Симакина И. В., Смирнова В. В., Цвирко Л. Ю.	Активизация органического вещества торфа и вторичного сырья при создании современных материалов удобрительной и мелиорирующей направленности действия	177
Марыганова В. В., Шайдак Л., Цынкалова Л. Ю.	Термический анализ гуминовых кислот почв под лесополосами различного возраста в агроландшафте	185
Гаврильчик А. П., Лис Л. С., Макаренко Т. И., Калилец Л. П., Кунцквич В. Б., Кот Н. А., Мультап С. Т., Пискунова Т. А., Шевченко Н. В.	Направления эффективного использования торфяных ресурсов Гродненской области	192
Хроника	VIII Республиканский экологический форум	200
	Геоэкологические и экотехнологические исследования проблем природопользования в Беларуси и сопредельных странах	203

I. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 551

В. Ф. Логинов

О ВОЗМОЖНОЙ ПРИЧИНЕ ЖАРКОГО ЛЕТА 2010 г.

Представлены результаты предварительного анализа возможных причин аномально жаркого лета 2010 г. Показано, что в 1972 г. пространственное распределение ложбин и гребней атмосферного давления в тропосфере и пространственное распределение температуры и осадков в Северном полушарии были аналогичны их распределению в 2010 г.

Как показали результаты наблюдений, лето 2010 г. оказалось рекордным по температуре в Восточной Европе. Особенно сильная жара (июль–август) наблюдалась в интервале долгот 30–55° в Московской, Нижегородской, Воронежской и других областях Центральной России. Крупные положительные аномалии температуры отмечены на востоке Республики Беларусь (Витебская, Могилевская и Гомельская области, а также в восточной части Минской области, включая Минск). В отдельные дни июля и августа в указанных областях России и Беларуси были побиты суточные рекорды.

Детальный анализ погоды текущего лета будет предметом исследования метеорологов и климатологов в ближайшие годы, но уже сейчас можно сделать некоторые выводы о возможных причинах такой сильной жары.

Предварительные исследования показали, что лето в Центральной России и на востоке Беларуси аналогично лету 1972 г., хотя последнее несколько уступает по степени своей аномальности лету 2010 г.

Летняя положительная аномалия температуры 1972 г. в Московской, Тульской, Рязанской, Липецкой, Воронежской, Курской, Владимирской областях составляла 3,0–5,0 °С, а в 2010 г. была несколько больше.

Положительная аномалия температуры в 2010 г. связана с мощным стационарным антициклоном в Центральной России и мощным высотным гребнем, который располагался приблизительно на 40–45° в.д. Антициклон стационарировал в Центральной России в течение 3–4 недель, что является крайне редким событием.

В июле–августе 1972 г. на Европейской территории России наблюдались массовые лесные пожары. В Поволжье, Центрально-Черноземном, Волго-Вятском и Центральном районах сумма осадков за июль–август составила всего

30–50 %, что привело к сильной засухе и большим недоборам зерна. В этот год в СССР было собрано 168 млн т зерна (70 % от урожайного 1976 г.). В Московской области 26 дней температура воздуха была выше 30 °С (норма 5 дней), температура поверхности почвы в течение 42 дней достигала 45–55 °С. Относительная влажность составляла около 50 % вместо нормальных для лета 75 %. Во второй половине лета на протяжении 20–30 дней не выпало ни капли дождя, а к 18 июля продуктивной влаги в пахотном слое почти не осталось. Подобные условия для Центрального района России складывались в 1897, 1936, 1938, 1964 гг.; для Волго-Вятского района – в 1936, 1953, 1961 гг.; для Поволжья – 1921, 1936, 1948, 1954 гг. [2]. Следует отметить, что близкие по мощности засушливые явления отмечались в России в 1975, 1981, 1984, 1986 гг.

В 1972 г. в Прибалтике, Беларуси, в юго-западных областях Украины и в Молдове температура превышала норму на 1–2 °С, но осадки были близки к норме или несколько выше её (Прибалтика). В текущем году антициклон с Поволжья сместился в западном направлении несколько больше, чем в 1972 г.

Интересно отметить, что 4 августа 1972 г. произошла одна из крупнейших протонных вспышек на Солнце, которая могла послужить «спусковым механизмом» меридиональной циркуляции, усилившей указанную засуху [2].

Оценки причин, сформировавших мощную засуху 1972 г., изложены в работах Е. К. Федорова [4], А. Л. Каца [1] и др.

В 1973 г. в Москве состоялось Всесоюзное совещание «Солнечно-атмосферные связи в теории климата и прогнозах погоды», где широко обсуждались вопросы влияния солнечной активности на погоду и климат, включая экстремальные погодные и климатические явления (засухи, наводнения, суровые и теплые зимы и т.д.).

В этих работах основной причиной формирования жаркого лета 1972 г. называлось изменение общей циркуляции атмосферы, включая циркуляцию в тропических широтах. Аномально жаркая погода летом связывалась с усилением меридиональной составляющей атмосферной циркуляции, когда сухой воздух с Африки и Средней Азии обеспечивал формирование засушливых условий.

Формированию таких условий способствовало своеобразное и крайне редкое распределение температуры поверхностных вод в северной части Атлантического океана, а именно – устойчивая положительная аномалия у берегов Северной Америки, а также в Баренцевом море. В июне данная система аномалий сместилась к востоку. Это смещение теплых и холодных очагов температуры в океане наступило под влиянием резкого изменения направления господствующих в экваториальной стратосфере ветров [1].

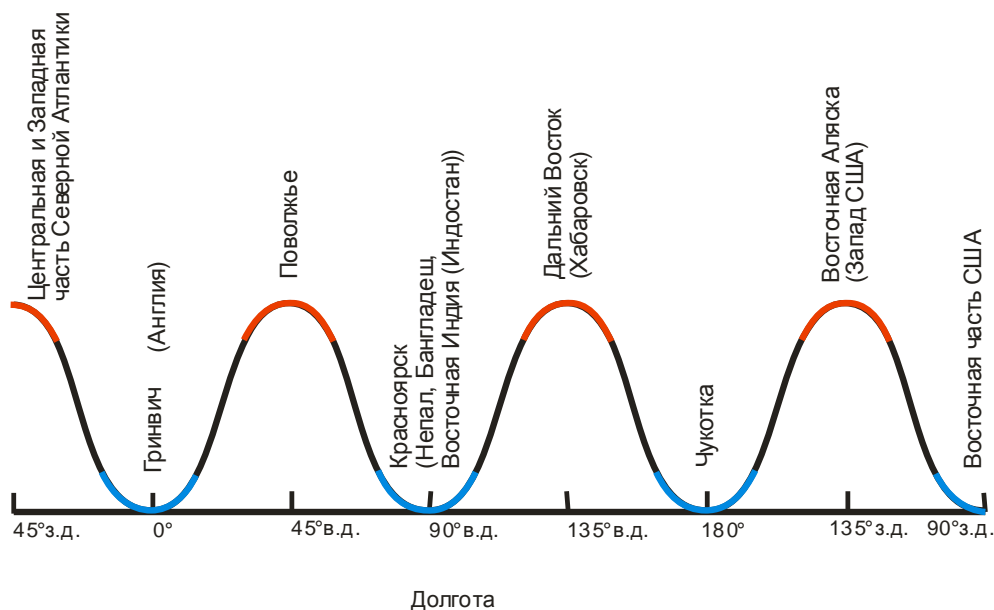
В 1972 г. наблюдалось более южное положение высотного гребня на востоке и в центре Северной Атлантики, что явилось одной из причин формирования положительной аномалии температуры в юго-западной части акватории [3]. Этот положительный очаг температуры явился причиной смещения высотного гребня в летние месяцы на центральный и западный районы, а ложбины – на восточную часть Северной Атлантики (запад Европы). Именно благодаря огромным тепловым контрастам районы Северной Атлантики и Норвежского моря наиболее эффективно воздействуют на атмосферную циркуляцию. Только в ноябре–декабре 1972 г. произошло разрушение блокирующей ситуации над Северной Атлантикой и возник зональный перенос в атмосфере умеренных широт.

Основываясь на изложенных выше сообщениях и применив метод аналогий, мы схема-

тично представили расположение высотных гребней и ложбин в Северном полушарии. Необходимо отметить, что летом 1972 г. гребни были расположены над центральной и западной частями Северной Атлантики, над Поволжьем, Дальним Востоком, западной частью США (Восточная Аляска, Тихоокеанское побережье). В указанных районах, как правило, находятся очаги тепла. В районах расположения ложбин (Западная Европа, Восточная Сибирь, Индостан, Чукотка, восточная и центральная части США и Канады) должны наблюдаться более низкие температуры и выпадать больше осадков.

Предложенная схема расположения гребней и ложбин в целом отвечает условиям летней погоды 2010 г., когда высокая температура и низкое количество осадков характерны для Восточной Европы и восточной части США (Аляска). Аномально низкая температура и аномально большое количество осадков наблюдалось в Западной Европе (Германия, Австрия, Чехия, Польша), в Восточной Сибири, Пакистане, Индостанском полуострове.

Развитие атмосферных процессов (осень 1972 г. – зима 1973 г.) изложены в работе [4]. Отмечен недостаток тепла осенью (сентябрь–октябрь): отрицательная аномалия составила 1,5–2,5 °С, осадков выпало выше нормы. Зима 1972–1973 гг. в Восточной Европе была теплой. Аномально теплыми оказались ноябрь и декабрь. В Москве в декабре температура была на 8 °С выше нормы, а в Беларуси – на 2–3 °С. Только в январе выпал снег. Если основываться на аналогии атмосферных процессов, то зима 2010–2011 гг. будет скорее теплой (оправдываемость долгосрочных прогнозов по аналоговому методу не превышает 65 %).



Положение высотных гребней и ложбин в Северном полушарии в 1972 г.

Аномалии температуры отдельных лет могут иметь случайный характер. Более показательным является наличие длительных тенденций в формировании аномальных климатических явлений. Сравнение средних пятилетних температур летних сезонов в Беларуси за наиболее

теплые периоды времени инструментальных наблюдений (1881–2010) приведены в таблице.

Из таблицы следует, что наиболее длительная непрерывная серия теплых летних периодов пришлась на вторую половину 30-х гг. XX в. (1936–1939).

Средние пятилетние температуры летних сезонов в Беларуси за наиболее теплые периоды времени

Год	Температура, Т °С	Средняя температура за пятилетний период, Т °С
1936	19,0	18,3
1937	17,7	
1938	19,1	
1939	19,0	
1940	16,9	
1999	19,4	18,2
2000	16,6	
2001	18,5	
2002	19,2	
2003	17,4	
2001	18,5	18,2
2002	19,2	
2003	17,3	
2004	17,6	
2005	18,4	

Год	Температура, Т °С	Средняя температура за пятилетний период, Т °С
2002	19,2	18,1
2003	17,4	
2004	18,4	
2005	18,2	
2006	17,3	
2004	17,6	17,7
2005	18,4	
2006	18,2	
2007	17,3	
2008	17,0	
2006	18,2	18,0
2007	17,3	
2008	17,0	
2009	17,0	
2010	20,6	

Принимая во внимание, что в климатологии чаще всего оперируют пяти-, десяти- и тридцатилетними периодами осреднения, в таблице приведены средние пятилетние температуры летних сезонов для предыдущего, известного как период потепления Арктики, и текущего потепления климата. Пока температура любого летнего пятилетнего периода в период текущего потепления была несколько ниже, чем во второй половине 30-х гг. прошлого столетия.

В частности температура лета последнего пятилетнего периода (2006–2010 гг.) составила 18,0 °С, а это на 0,3 °С меньше, чем температура во второй половине 30-х гг. XX в.

Что касается температуры в холодное время года, то она в январе–апреле была существенно выше в период текущего потепления климата, чем в период интенсивного потепления Арктики (1920–1940).

Л и т е р а т у р а

1. Кац А. Л. О цикличности в экваториальной стратосфере и взаимосвязи ее с общей циркуляцией атмосферы // Метеорология и гидрология. 1975. № 112. С. 3–13.
2. Логинов В. Ф. Характер солнечно-атмосферных связей. Л., 1973.
3. Серяков Е. И. Долгосрочные прогнозы тепловых процессов в Северной Атлантике. Л., 1979.
4. Федоров Е. К. Погода и урожай. Л., 1973.

Институт природопользования НАН Беларуси

В. Ф. Логинов**О ВОЗМОЖНОЙ ПРИЧИНЕ ЖАРКОГО ЛЕТА 2010 г.**

Представлены результаты анализа пространственного распределения барического поля, а также температуры и осадков в Северном полушарии в 1972 г., когда на территории России сформировалась одна из крупнейших засух. Предварительный анализ показал, что летом 2010 г. распределение ложбин и гребней атмосферного давления в Северном полушарии было подобным распределению ложбин и гребней атмосферного давления в 1972 г.. Модулятором сложившихся условий циркуляции и длительного стационарирования антициклона на востоке Европы, вероятно, явилась положительная аномалия температуры воды в Северной Атлантике. Этот положительный очаг температуры вызвал смещение высотного гребня на центральный и западный районы, а ложбины – на запад Европы. Следующий гребень разместился над Поволжьем и обеспечил жаркую и сухую погоду на востоке Европы.

Статистический анализ летних температур на территории Беларуси показал, что самым жарким пятилетним периодом по-прежнему остается пятилетний период с 1936 по 1940 г.

V. F. Loginov**ON POSSIBLE REASON OF HOT SUMMER 2010**

Results of spatial distribution of baric field distribution has been presented, as well temperature and precipitation of north hemisphere in 1972, when one of the largest drought was formed in Russia territory. A preliminary analysis has shown that in summer 2010 distribution of troughs and crests of atmospheric pressure in Northern hemisphere was similar to those in 1972. A modulator of resulted conditions of circulation and long stationing of anticyclone in Europe's East was probably a positive anomaly of water temperature in North Atlantics. This positive source of temperature caused a shift of upper-air crest toward central and west regions, and troughs – to Europe's West. Another crest located above the Volga region and ensured hot and dry weather in Europe's East.

Statistical analysis of summer temperatures in Belarus territory has shown that most hot five-year period is still that of 1936 to 1940.

УДК 551.583 (476)

В. Ф. Логинов, В. В. Коляда**ВЛИЯНИЕ УРБАНИЗАЦИИ НА УВЕЛИЧЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ
ЮГА БЕЛАРУСИ**

Представлены количественные оценки влияния урбанизации на термические ресурсы юга Беларуси. Для этой цели использованы данные агроклиматических справочников, собственные расчеты и статистическое моделирование. Построены модели множественной корреляции температуры с широтой, долготой и высотой местности. Показано, что урбанизация усиливает влияние потепления климата. Сделан вывод о необоснованности выделения четвертой агроклиматической области на юге Беларуси.

Республика Беларусь характеризуется развитым сельскохозяйственным производством, которое в значительной степени базируется на использовании климатических ресурсов. Поэтому в условиях современного глобального потепления в стране большое внимание уделяется сельскохозяйственной оценке изменяющегося климата, в первую очередь изменению его термических ресурсов [2–9].

В качестве наиболее значимого следствия глобального потепления для Беларуси рассматриваются изменения агроклиматических рубежей. Такой вывод был сделан путем сопоставления границ агроклиматических областей с изолиниями сумм активных температур, рассчитанными за период 1989–1999 гг. [7]. Как известно, согласно схеме районирования А. Х. Шкляра, на территории Беларуси выделяются три агроклиматические области: Северная – умеренно теплая, влажная, Центральная – теплая, умеренно влажная и Южная – теплая, неустойчиво влажная. Они имеют субширотное простираие и характеризуются средними значениями сумм активных температур выше 10 °С в пределах от 2000 до 2600 °С [11]. Утверждается, что потепление привело к сдвигу границ агроклиматических областей на 60–150 км к северу, вызвав распад Северной области и появление фрагментарно выраженной на юго-западе и юго-востоке Белорусского Полесья новой, четвертой области с суммами активных температур свыше 2600 °С [7].

Однако результаты проведенного в Белгидрометцентре обобщения метеорологических данных за 1986–2005 гг., показали, что средние значения сумм активных температур выше 10 °С за этот период превышают 2600 °С только на трех станциях (Пинск, Гомель и Брест), соответственно на 28, 41 и 83 °С. Таким образом, выделенная в работе [7] четвертая агроклиматическая область базируется исключительно на данных метеостанций, приуроченных к крупным городам, в то время как ближайшие к ним сельские метео-

станции, в том числе расположенные гораздо южнее, вписываются в третью область. При выделении новой агроклиматической области горизонтали проводились вручную.

Картографирование сумм температур за 1986–2005 гг. с применением ГИС-технологий по четырем градациям (< 2200, 2200–2400, 2400–2600 и > 2600 °С), соответствующим предельным значениям агроклиматических областей, воспроизвело региональные структуры, образованные лишь тремя первыми из них; четвертая градация оказалась представленной локальными вкраплениями в область третьей. На этом основании было выдвинуто предположение, что в данном случае скорее имеет место не явление регионального масштаба, а локальный эффект, обусловленный процессами урбанизации и индустриализации городов [5].

Необходимость вычленения вклада урбанизации при оценках современного потепления подчеркивается и российскими исследователями, согласно которым его величина для территории России составляет как минимум 0,3 °С [10]. Для территории Беларуси близкие значения, полученные путем расчета средних температур воздуха по группам метеостанций, выделенным с учетом численности их населения, приведены в табл. 1.

Данные табл. 1 показывают, что во все сезоны года температура воздуха в крупных городах Беларуси (с населением свыше 100 тыс. человек) в среднем заметно выше, чем в малых городах и селах. При этом следует иметь в виду формальный характер таких группировок, которые игнорируют реальное положение метеостанций относительно города, а также условность отнесения населенного пункта к категории «крупный город» при анализе динамики его населения за столь продолжительный период.

Таблица 1. Средние значения температур воздуха по сезонам года по категориям метеостанций Беларуси за 1946–2007 гг.

Метеостанция	Сезон				Среднее многолетнее значение
	Весна	Лето	Осень	Зима	
Все станции	6,19	17,01	6,32	-4,86	6,17
Крупный город (более 100 тыс. чел.)	6,42	17,23	6,50	-4,67	6,38
Малый город (село)	6,13	16,95	6,26	-4,92	6,11
Разность «крупный город» – «малый город (село)»	0,29	0,28	0,24	0,25	0,265

Избежать этого недостатка при выявлении эффекта урбанизации позволяет подход, основанный на анализе многолетней динамики разности средних температур воздуха для конкретной пары метеостанций, включающей городскую и ближайшую к ней сельскую (фоновую). Эффект влияния города обнаруживается при построении графика разностей температур за весь послевоенный период. Он проявляется в виде восходящего тренда, возникающего одновременно с интенсивным ростом городов Беларуси приблизительно с начала 70-х гг. XX в. Количественная оценка эффекта влияния города представляет собой разность между осредненными значениями уровней ряда температурных показателей за современный и предшествующий этапу урбанизации периоды наблюдений [4].

Величина эффекта в значительной мере определяется расположением городской метеостанции. Например, из-за значительной удаленности метеостанции от города для Гродно эффект урбанизации не обнаруживается.

Существенным препятствием для оценки эффекта является неоднородность рядов наблюдений, вызываемая переносом метеостанции. Эти переносы и специфическое местоположение площадки единственно возможной фоновой метеостанции Полесская (на освоенном торфянике), затруднили такую оценку для Пинска.

Для Могилева (после устранения системного сдвига в данных вследствие переноса городской метеостанции в 1972 г.) величина эффекта урбанизации по метеостанции Березино оценена в 0,4 °C.

Максимальное значение разностей температур было получено для Гомеля и двух близлежащих станций (Василевичи и Брагин). Оно составило 0,6 °C. Близкое значение разностей температур установлено для Витебска и станции Езерище, вдвое меньшее (0,3 °C) – для Бреста и станции Высокое.

С целью оценить величину эффекта урбанизации в динамике термических ресурсов для метеостанций юга Беларуси нами сопоставлялись данные агроклиматических справочников по суммам активных температур выше 10 °C за различные периоды осреднения (табл. 2).

Как следует из табл. 2, разности сумм активных температур выше 10 °C по периодам для всех рассматриваемых метеостанций демонстрируют положительную динамику, свидетельствуя тем самым о потеплении за последние 20 лет (1986–2005 гг.). Однако на городских станциях оно выражено гораздо сильнее и составляет относительно различных базисных периодов (1881–1980 гг. и 1881–1990 гг.) соответственно 185 и 212 °C, в то время как на сельских – лишь 104 и 110 °C. Это связано с тем, что процесс потепления в городах заметно усиливается урбанизацией территории, о чем свидетельствует положительная динамика разностей сумм температур между городскими и сельскими станциями (15, 40 и 121 °C). В чистом виде эффект урбанизации оценивается как разность разностей сумм температур по категориям станций и различным периодам и составляет в среднем 81 и 103 °C (табл. 2).

Результаты сопоставлений свидетельствуют о том, что если исключить эффект урбанизации в приростах сумм температур для городских метеостанций юга Беларуси, то основания для выделения четвертой агроклиматической области исчезают.

Рассмотрим этот вопрос с использованием иных подходов. Вклад урбанизации в увеличение термических ресурсов на юге Беларуси оценен путем расчета сумм температур за различные месяцы теплого периода года без учета точных дат перехода через 10 °C (табл. 3).

В целом они дают аналогичные результаты, хотя и при заметно меньших средних значениях разностей по периодам, категориям станций и, соответственно, меньших значениях разности разностей, характеризующих эффект урбанизации. Впрочем, для Гомеля они соизмеримы с расчетами, полученными по агроклиматическим справочникам, и составляют за май – сентябрь более 60 °C, а за весь теплый период (апрель – октябрь) – около 80 °C. При этом совпадение оценок, полученных с использованием данных различных фоновых станций (Василевичи и Брагин), можно считать лучшим подтверждением их объективности (табл. 3).

Таблица 2. Динамика сумм активных температур выше 10 °С по метеостанциям южной Беларуси (данные справочников)

Метеостанция	1881–1980 гг. (I)	1881–1990 гг. (II)	1986–2005 гг. (III)	Разность по периодам	
				III–II	III–I
Брест	2466	2494	2683	189	217
Пинск	2408	2464	2628	164	220
Гомель	2441	2440	2641	201	200
Среднее по городским станциям	2438	2466	2651	185	212
Высокое	–	2428	2515	87	–
Василевичи	2402	2419	2516	97	114
Житковичи	2420	2412	2531	119	111
Лельчицы	2455	2447	2579	132	124
Брагин	2415	2422	2505	83	90
Среднее по сельским станциям	2423	2426	2529	104	110
Разность по категориям станций	15	40	121	81	103

Таблица 3. Динамика сумм активных температур выше 10 °С по метеостанциям южной Беларуси за месяцы теплого периода (данные расчетов)

Метеостанция	1969–1988 гг.		1989–2008 гг.		Разность по периодам	
	Май– сентябрь	Апрель– октябрь	Май– сентябрь	Апрель– октябрь	Май– сентябрь	Апрель– октябрь
Брест	2409	2866	2550	3079	141	213
Пинск	2354	2782	2521	3028	168	247
Гомель	2405	2813	2504	2983	99	170
Мозырь	2451	2863	2575	3065	124	201
Среднее по городским станциям	2405	2831	2538	3039	133	208
Высокое	2330	2754	2456	2951	127	197
Полесская	2240	2640	2370	2826	131	186
Василевичи	2405	2820	2467	2946	62	126
Житковичи	2381	2801	2483	2967	102	167
Лельчицы	2409	2837	2512	3006	103	169
Брагин	2406	2816	2467	2939	60	124
Среднее по сельским станциям	2362	2778	2459	2939	98	161
Разность по категориям станций	43	53	78	100	35	46

Заметим, что использованные при сравнениях городские и сельские метеостанции характеризуются близкими средними значениями географических координат. Для трех городских метеостанций они составляют 52,21° с.ш. и 26,92° в.д., а с использованием станции Мозырь – 52,15° с.ш. и 27,48° в.д. Координаты пяти сельских метеостанций равны 52,09° с.ш. и 27,94° в.д., а вместе со станцией Полесская – 52,12° с.ш. и 27,73° в.д. Это позволяет считать, что вклад географического положения в разностях сумм температур по этим категориям метеостанций ничтожно мал.

Для окончательного решения вопроса о природе аномально высоких значений термических ресурсов на ряде метеостанций юга Беларуси потребовалось привлечение информации по сопредельным государствам. Такие данные по среднемесячным температурам воздуха за по-

слевоенный период были получены для четырех ближайших к южным рубежам страны метеостанций Украины (Ковель, Сарны, Овруч, Чернигов). По этим данным при разных периодах осреднения были рассчитаны суммы температур, которые были сопоставлены с аналогичными данными по станциям южной Беларуси (их список представлен в табл.3). Результаты оценки отражены в табл. 4 и 5.

Сопоставление табл. 4 и 5 показывает, что даже небольшой сдвиг в интервалах осреднения приводит к заметному изменению величины разности сумм температур по периодам: максимальные их оценки дает осреднение за более короткий период, поскольку современное потепление на территории Беларуси проявилось наиболее ярко только с конца 80-х гг. XX в. Однако территориальные различия остаются практически неизменными.

Таблица 4. Динамика сумм температур по метеорологическим станциям южной Беларуси и северной Украины за различные месяцы теплого периода (20-летний период)

Регион	1966–1985 г.		1986–2005 г.		Разность по периодам	
	Май– сентябрь	Апрель– октябрь	Май– сентябрь	Апрель– октябрь	Май– сентябрь	Апрель– октябрь
Юг Беларуси	2386	2828	2468	2937	82	109
в т.ч. по городским станциям	2410	2855	2512	2994	102	139
по сельским станциям	2370	2810	2438	2898	68	88
Север Украины	2401	2849	2478	2950	77	101
Разность север Украины – юг Беларуси	15	21	10	13	-5	-8
в т.ч. по городским станциям	-9	-6	-34	-44	-25	-38
по сельским станциям	31	39	40	52	9	13

Таблица 5. Динамика сумм температур по метеорологическим станциям южной Беларуси и северной Украины за различные месяцы теплого периода (18-летний период)

Регион	1968–1987 г.		1988–2005 г.		Разность по периодам	
	Май– сентябрь	Апрель– октябрь	Май– сентябрь	Апрель– октябрь	Май– сентябрь	Апрель– октябрь
Юг Беларуси	2372	2796	2479	2955	107	159
в т.ч. по городским станциям	2398	2827	2525	3013	127	186
по сельским станциям	2356	2777	2449	2916	93	139
Север Украины	2387	2817	2489	2967	102	150
Разность север Украины – юг Беларуси	15	21	10	12	-5	-9
в т.ч. по городским станциям	-11	-10	-36	-46	-25	-36
по сельским станциям	31	40	40	51	9	11

Данные по обоим периодам осреднения демонстрируют более высокие суммы температур для северной Украины в сравнении с южной Беларусью, что находит естественное объяснение в более южном географическом положении Украины. Вместе с тем разности этих показателей по периодам во всех случаях для севера Украины оказываются несколько меньшими, чем для юга Беларуси. Это обстоятельство можно объяснить, исходя из теории климата, согласно которой потепление, связанное с парниковыми газами, должно быть более значительным в высоких широтах.

Другая особенность полученных данных – более высокие, чем в Украине, суммы температур на городских станциях Беларуси, что, несомненно, является результатом существования на юге Беларуси мощных городских островов тепла. Дело в том, что все четыре городские метеостанции южной Беларуси приурочены к городам с численностью населения более 100 тыс. человек, а Брест и Гомель – более 300 тыс. Среди четырех украинских метеостанций к последней категории принадлежит лишь Чернигов, а остальные станции северной Украины относятся к городам с численностью населения от 20 до 70 тыс. человек.

Оценки эффекта урбанизации были получены также при помощи статистического моделирования, которое базировалось на установленной нами близкой к функциональной зависимости термических показателей от широты (φ), долготы (λ) и абсолютной высоты местности (H). С использованием информации по 49 метеостанциям Беларуси были получены уравнения множественной линейной регрессии, определяющие связь с указанными параметрами сумм положительных температур выше 0, 5, 10 и 15 °C, осредненных за период 1986–2005 гг.:

$$\Sigma T > 0 \text{ }^{\circ}\text{C} = 8905 - 104,9 \varphi - 9,942 \lambda - 1,068 H; \\ R = 0,921;$$

$$\Sigma T > 5 \text{ }^{\circ}\text{C} = 8721 - 104,8 \varphi - 7,630 \lambda - 1,051 H; \\ R = 0,917;$$

$$\Sigma T > 10 \text{ }^{\circ}\text{C} = 8660 - 113,4 \varphi - 2,546 \lambda - 0,990 H; \\ R = 0,909;$$

$$\Sigma T > 15 \text{ }^{\circ}\text{C} = 9123 - 140,0 \varphi + 6,945 \lambda - 1,339 H; \\ R = 0,888.$$

Из уравнений следует, что при формировании термического режима на территории Беларуси в теплый период года максимальный вклад вносит широта, на порядок меньший – долгота, а минимальный – с учетом равнинного характера территории – абсолютная высота мест-

ности. При общем однотипном характере уравнений – имеются и различия. Роль географической широты, за которой скрывается важнейший климатический фактор – солнечная радиация, для более теплых периодов возрастает, в то время как роль географической долготы, отражающей континентальность климата, напротив, снижается. Для самого теплого периода с температурой выше 15 °С коэффициент регрессии даже меняет знак, поскольку рост термических ресурсов обеспечивает континентальность климата.

Высокие значения коэффициентов множественной корреляции (R) позволяют получить для каждой метеостанции модельные значения сумм положительных температур и их отклонения от расчетных значений (остатки регрессии). Величины остатков разного знака за пределами величин стандартных отклонений, могут рассматриваться в качестве оценок аномалий (положительных либо отрицательных), возникающих, прежде всего, под влиянием неучтенных местных факторов (табл.6). Такими факторами могут быть «острова тепла», приуроченные к крупным городам, или «острова холода» в районах крупных водоемов, торфяников или лесных массивов.

Как следует из табл. 6, величины регрессионных остатков по метеостанциям для различных сумм температур довольно сильно коррели-

руют между собой. При этом из всей выборки (49 станций) выявляется примерно по 8 аномальных станций со знаками «+» и «-». В порядке убывания наибольшие отрицательные аномалии фиксируются на станциях Нарочь озерная, Полеская, Брагин, Кличев, Березинский заповедник, а положительные аномалии – на станциях Брест, Витебск, Гомель, Минск, Пинск. Таким образом, отрицательные аномалии, действительно, присущи крупным водоемам, массивам торфяников и лесов, а положительные аномалии – крупным городам. Абсолютные значения по показателю сумм температур выше 10 °С последних составляют соответственно 135, 133, 127, 96 и 84 °С, что близко к оценкам, полученным нами другими методами.

Таким образом, вышеприведенные данные свидетельствуют о том, что аномально высокие значения сумм температур на метеостанциях юга Беларуси обусловлены дополнительным локальным эффектом урбанизации, который существенно сказывается на величине региональных оценок южных районов страны. В свете полученных результатов выделение новой, четвертой агроклиматической области в понимании А. Х. Шкляра [11] на территории Беларуси в настоящее время на наш взгляд лишено достаточных научных оснований.

Таблица 6. Величины регрессионных остатков для сумм активных температур по метеостанциям Беларуси за 1986–2005 гг.*

Метеостанция	Сумма температур выше				Метеостанция	Сумма температур выше			
	0 °С	5 °С	10 °С	15 °С		0 °С	5 °С	10 °С	15 °С
Езерище	31	30	25	42	Волковыск	14	15	14	16
Верхнедвинск	24	20	38	31	Горки	-63	-59	-68	-82
Полоцк	26	26	24	40	Могилев	-29	-29	-30	-36
Шарковщина	34	35	37	70	Кличев	-82	-79	-84	-130
Витебск	110	130	133	170	Славгород	10	11	11	18
Лынтупы	-62	-60	-76	-116	Костюковичи	-51	-52	-49	-86
Докшицы	-46	-48	-53	-73	Бобруйск	-56	-55	-61	-86
Лепель	43	38	44	71	Барановичи	3	11	1	29
Сено	64	61	73	69	Ганцевичи	-41	-46	-60	-61
Березинский зап-к	-70	-78	-78	-104	Ивацевичи	34	36	35	76
Орша	-40	-45	-50	-69	Пружаны	-21	-21	-37	-31
Нарочь озерная	-113	-122	-132	-198	Высокое	12	16	16	29
Вилейка	17	15	15	49	Полеская	-149	-146	-167	-240
Борисов	32	31	36	67	Брест	130	124	135	161
Воложин	53	51	66	85	Пинск	61	59	84	89
Минск	86	85	96	151	Жлобин	73	74	82	115
Березино	-8	-9	-19	-2	Чечерск	29	31	10	43
Столбцы	17	16	24	45	Октябрь	-12	-12	-6	-19
Марьина Горка	2	-1	4	16	Гомель	116	116	127	153
Слуцк	-45	-42	-36	-63	Василевичи	-5	-3	-4	-26
Ошмяны	-42	-33	-46	-71	Житковичи	5	2	-1	21
Лида	7	9	20	-3	Мозырь	28	29	33	60
Гродно	-59	-58	-65	-93	Лельчицы	5	7	4	12
Щучин	6	14	17	24	Брагин	-83	-88	-87	-134
Новогрудок	5	-3	5	-31	δ	57	58	63	90

* Жирным шрифтом выделены величины остатков, превышающие значения стандартных отклонений (δ).

Л и т е р а т у р а

1. Агроклиматические ресурсы Белорусской ССР / Под ред. М. А. Гольберга, В. И. Мельника. Минск, 1985.
2. Изменения климата Беларуси и их последствия / В. Ф. Логинов, Г. И. Сачок, В. С. Микуцкий и др. / Под общ. ред. В. Ф. Логинова. Минск, 2003.
3. Климат Беларуси / Под. ред. В. Ф. Логинова. Минск, 1996.
4. Коляда В. В., Шубская Ю. А. Оценки факторов изменения агротермических ресурсов Беларуси // Природопользование. Минск, 2010. Вып.17. С. 118–125.
5. Коляда В. В., Шубская Ю. А. Оценка изменения агроклиматических ресурсов Беларуси // Природные ресурсы. 2010. № 1. С. 108–117.
6. Логинов В. Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия. Минск, 2008.
7. Мельник В. И. Влияние изменения климата на агроклиматические ресурсы и продуктивность основных сельскохозяйственных культур Беларуси: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Минск, 2004.
8. Мельник В. И., Комаровская Е. В. Изменение климата на территории Беларуси: возможные меры адаптации // Экологія. 2010. № 3. С. 7–11.
9. Мельник В. И., Комаровская Е. В. Влияние изменений климата на ведение сельскохозяйственного производства в Белорусском Полесье // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця. Брэст, 2008. Вып.1. С. 51–53.
10. Хайруллин К. Ш., Пичугин Ю. А. Образцов М. З. Климатические тренды и моделирование регулирующей роли биосферы // Изв. РАН. Сер. геогр. 2009. № 2. С. 52–56.
11. Шкляр А. Х. Климатические ресурсы Белоруссии и использование их в сельском хозяйстве. Минск, 1973.

Институт природопользования НАН Беларуси

В. Ф. Логинов, В. В. Коляда

ВЛИЯНИЕ УРБАНИЗАЦИИ НА УВЕЛИЧЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ЮГА БЕЛАРУСИ

Представлены результаты оценки вклада урбанизации в увеличение термических ресурсов на юге Беларуси, полученные по данным агроклиматических справочников, путем расчетов сумм температур с использованием среднемесячных данных, а также при помощи моделей множественной линейной регрессии.

Сравнение данных агроклиматических справочников по суммам температур выше 10 °С за различные периоды наблюдений для городских и сельских метеорологических станций юга Беларуси показало, что процесс потепления в городах усиливается под влиянием эффекта урбанизации. Последний оценивается как разность разностей сумм температур по периодам и категориям станций и в зависимости от выбранного базового периода составляет в среднем 81 и 103 °С.

Сходные результаты получены при анализе сумм температур за теплые месяцы года. При этом наиболее убедительными являются сравнительные оценки для станций юга Беларуси и севера Украины. Более высокие суммы температур по сравнению с южной Беларусью находят естественное объяснение в более южном географическом положении Украины. Однако более высокие, чем в Украине, суммы температур на городских станциях Беларуси, несомненно, являются результатом существования на юге Беларуси мощных городских островов тепла. Косвенным подтверждением этому является приуроченность всех рассматриваемых городских станций южной Беларуси (Брест, Пинск, Мозырь, Гомель) к крупным и большим городам (с населением более 100 тыс. чел.). В то же время среди украинских станций к этой категории относится лишь Чернигов.

Оценки эффекта урбанизации были получены по уравнениям множественной регрессии, которые связывают термические показатели за 1986–2005 гг. для метеостанций Беларуси с их географической широтой, долготой, а также абсолютной высотой местности. В качестве оценок рассматривались регрессионные остатки. Для сумм температур выше 10 °С на станциях Брест, Гомель и Пинск их абсолютные величины составляют 135, 127, и 84 °С, что превышает значение стандартного отклонения (63 °С).

Аномально высокие значения сумм температур на метеостанциях юга Беларуси обусловлены локальным эффектом урбанизации, который проявляется в региональных оценках изменения теплообеспеченности в современный период. В свете представленных результатов выделение новой, четвертой агроклиматической области на территории Беларуси на данный момент не имеет научных обоснований.

V. F. Loginov, V. V. Kolyada

**INFLUENCE OF URBANIZATION ON THE INCREASE OF
THERMAL RESOURCES OF THE SOUTH OF BELARUS**

Results of an estimation of the contribution of urbanization to the increase in thermal resources in the south of Belarus, obtained according to agroclimatic directories, by calculations of the sums of temperatures with use of monthly average data, and also by means of models of multiple linear regress have been presented.

Comparison of agroclimatic directories data regarding sums of temperatures above 10 °C for various observation periods for city and rural meteorological stations of the south of Belarus has shown, that warming process in cities amplifies under the influence of the effect of urbanization. The latter is estimated as a difference of differences of sums of temperatures on the periods and categories of stations and depending on the chosen base period averages 81 and 103 °C.

Similar results have been gained when analyzing sums of temperatures for warm months of the year. Thus the most convincing are comparative estimations for stations of the south of Belarus and the north of Ukraine. Higher sums of temperatures in comparison with southern Belarus find a natural explanation in more southern geographical position of Ukraine. However higher, than in Ukraine, the sums of temperatures at city stations of Belarus, undoubtedly, are due to the existence in the south of Belarus of powerful city heat islands. An indirect acknowledgement to this is belonging of all considered city stations of southern Belarus (Brest, Pinsk, Mozyr, Gomel) to large and big cities (population over 100 thousand people). At the same time among the Ukrainian stations to this category refers only Chernigov.

Estimations of the effect of urbanization have been obtained by the equations of plural regress which connect thermal indicators for 1986–2005 for meteorological stations of Belarus with their geographical width, by a longitude, and also absolute height of district. As estimations regressive results were considered only. For sums of temperatures above 10 °C at stations their absolute values at Brest, Gomel and Pinsk stations their absolute values are 135, 127, and 84 °C, that exceeds value of a standard deviation (63 °C).

Abnormal high values of the sums of temperatures on meteorological stations of the south of Belarus are caused by local effect of urbanization which is shown in regional estimations of change heat supply during the modern period. In the light of the presented results the registration of new, fourth agroclimatic area in territory of Belarus at present has no scientific substantiations.

А. В. Мальчихина

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ВЫБРОСОВ АММИАКА В БЕЛАРУСИ

Сделан анализ территориальной структуры выбросов аммиака в Беларуси. Описана процедура получения пространственно распределенных выбросов аммиака, использованная в работе. Выполнена оценка выбросов на уровне административных областей и районов по отраслям, охарактеризована структура выбросов на уровне административных районов, построены карты точечных источников и плотности выбросов аммиака.

Аммиак является одним из химических соединений, привлекающим к себе в последние годы пристальное внимание в связи с его важной ролью в глобальных биогеохимических циклах, а также с рисками, связанными с поступлением аммиака в окружающую среду, как на локальном, так и на региональном и глобальном уровнях. Изменение содержания аммиака в окружающей среде влияет на биогеохимический цикл важнейшего биогфильного элемента – азота, что приводит к увеличению содержания органического азота и нитритов в окружающей среде, в результате чего происходит эвтрофикация и закисление поверхностных вод и почв. К глобальным эффектам воздействия аммиака относят формирование вторичного аэрозоля, который оказывает влияние на климат и здоровье населения.

В настоящее время в Беларуси для оценки выбросов аммиака на уровне страны используются обобщенные данные государственной статистической отчетности по форме 1-ОС (воздух). По данной форме отчитываются предприятия с валовыми выбросами более 25 т/г. Согласно статистическим данным, валовые выбросы аммиака в 2008 г. составили 16,7 тыс. т. В то же время в Литве и Чешской Республике в соответствии с данными, предоставленными в ЕЭК ООН, выбросы аммиака в 2008 г. составили 38,7 и 63,1 тыс. т соответственно [15]. Следует отметить, что поголовье скота и птицы в этих странах меньше чем в Беларуси [6]. Это говорит о неполноте статистических данных о выбросах на территории Беларуси и необходимости их дополнения. Оценка валовых выбросов аммиака, выполненная нами ранее, показала, что в атмосферный воздух страны в 2006 г. поступило около 130 тыс. т данного загрязняющего вещества [1].

До настоящего времени оценка выбросов аммиака с помощью методики, описанной в работе [1], выполнялась для страны в целом. В то же время важным аспектом оценки воздействия на атмосферный воздух является получение и анализ территориального распределения объемов загрязнения окружающей среды, определение пространственной структуры источников выбросов. Оценка пространственного распределе-

ния поступления аммиака в атмосферу на территории Беларуси – важная составляющая моделирования атмосферного переноса загрязняющих веществ, осаждения соединений восстановленного азота и превышения нагрузок по питательному азоту. Знание территориальной структуры поступления аммиака дает возможность определить «горячие точки» и разработать стратегию по снижению его выбросов [16].

В работе выполнена оценка выбросов аммиака следующими отраслями: животноводством (обращение с навозом), растениеводством (внесение минеральных удобрений), жилищно-коммунальным хозяйством (обработка сточных вод, захоронение отходов, сжигание топлива), промышленностью (сжигание топлива, технологические процессы) и энергетикой. Анализ работ, в которых рассматриваются вопросы оценки качества окружающей среды Беларуси, показал целесообразность выбора административных районов в качестве базовых территориальных операционных единиц оценки выбросов аммиака [4, 7].

Для инвентаризации выбросов аммиака на территории Беларуси выбран подход, описанный в работе [1] с откорректированными удельными показателями выбросов для следующих источников: обращение с навозом, внесение минеральных удобрений, обработка сточных вод (образованных в городах).

Процедура получения пространственно распределенных оценок выбросов включала следующие этапы.

1. Сбор и обработка производственно-статистической информации; формирование базы данных; выбор удельных показателей выбросов.

2. Оценка выбросов аммиака на региональном уровне, на уровне областей и административных районов; на уровне точечных источников.

3. Построение карт выбросов.

Для оценки выбросов аммиака использованы данные по поголовью скота и птицы, объемам внесения удобрений, использованию топлива и численности населения в административных районах, а также данные государственной статистической отчетности по выбросам, предос-

тавленные Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь.

Для оценки выбросов от точечных источников использованы литературные данные, данные Министерства сельского хозяйства, а также натурные исследования.

Для уточнения оценок выбросов аммиака от сельского хозяйства выполнен анализ научной и методической литературы по оценке его поступления в атмосферу [10, 12, 14] и особенностей источников выбросов, расположенных на территории Беларуси [2, 5, 8]. В результате выбраны удельные показатели выбросов аммиака, которые отличаются в зависимости от группы животных (молочный КРС, прочий КРС, свиноматки, свиньи на откорм и др.) и системы удаления навоза (жидкая, твердая и выпас) (табл. 1).

Выбросы от внесения минеральных удобрений оценивались с использованием объемов внесения азотных удобрений и удельного показателя, скорректированного на среднюю весеннюю температуру атмосферного воздуха:

$$EF = 0,05 + 0,0001 \cdot t_s,$$

где EF – скорректированный удельный показатель выбросов, кг/кг/г. удобрений; t_s – средняя температура атмосферного воздуха за три весенних месяца [10].

Для оценки поступления аммиака в атмосферный воздух от процессов обработки городских сточных вод использован удельный показатель выбросов, предложенный в [11], равный

14,4 г аммиака/млн л отработанных сточных вод в год.

Для учета выбросов аммиака от промышленности использованы данные государственной статистической отчетности по выбросам аммиака по форме 1-ОС (воздух). При определении пространственной структуры выбросов от технологических процессов сделано предположение, что выбросы от этого источника локализованы в городах.

Согласно выполненной оценке, валовые выбросы аммиака на территории Беларуси в 2007 г. составили 129,1 тыс. т (табл. 2). Основной вклад в выбросы вносят животноводство (72 % валовых выбросов) и растениеводство (17 %). При этом 60 % выбросов животноводства приходится на скотоводство; 29 – свиноводство, 10 % – птицеводство и 1 % – коневодство, овцеводство и козоводство.

Валовые выбросы аммиака в 2007 г. по административным областям различались незначительно, с максимумом в Минской области (25 %); и минимумом в Могилевской (13 %) (табл. 3). Наибольший вклад Минской области в выбросах аммиака объясняется в первую очередь интенсивным сельским хозяйством: здесь содержится около 30 % поголовья сельскохозяйственных животных и вносится более 20 % азотных удобрений.

Во всех областях вклад сельскохозяйственных организаций в валовые выбросы аммиака находился в пределах 68–79 %; хозяйств населения – 8–23 %, несельскохозяйственных источников – 8–14 %.

Таблица 1. Удельные показатели выбросов аммиака от животноводства, кг/гол./г

Группа животных	Система хранения навоза/ категория хозяйства	Удельный показатель выбросов
Молочные коровы	Жидкостные системы удаления и хранения навоза	39,3
	Хранение в твердом виде	28,7
	Пастбища и огороженные выпасы	3,9
Прочий КРС	Жидкостные системы удаления и хранения навоза	13,4
	Хранение в твердом виде	9,2
	Пастбища и огороженные выпасы	2,0
Свиноматки	Жидкостные системы удаления и хранения навоза	15,8
	Хранение в твердом виде	18,2
Откормочные свиньи	Жидкостные системы удаления и хранения навоза	6,7
	Хранение в твердом виде	6,5
Куры-несушки	Сельскохозяйственные предприятия	0,48
	Домашние хозяйства	0,32
Бройлеры	Сельскохозяйственные предприятия	0,22
	Домашние хозяйства	0,16
Козы и овцы	Все категории	0,46
Лошади	То же	5,1

Таблица 2. Выбросы аммиака по категориям источников на территории Беларуси в 2007 г.

Отрасль	Выбросы, тыс. т	Вклад в валовые выбросы, %
Животноводство	92,3	71,5
в т.ч. скотоводство	55,7	43,1
свиноводство	26,6	20,6
птицеводство	9,2	7,1
коневодство	0,7	0,5
овцеводство и козоводство	0,1	0,1
Растениеводство (внесение минеральных удобрений)	22,5	17,4
Энергетика, промышленность и ЖКХ (сжигание топлива)	0,02	< 0,1
Промышленность (технологические процессы)	3,6	2,8
ЖКХ (без сжигания топлива)	10,7	8,3
в т.ч. обработка сточных вод	4,6	3,6
удаление отходов	6,1	4,7
Итого	129,1	100

Таблица 3. Выбросы аммиака по административным областям в 2007 г., тыс. т

Область	Выбросы от сельскохозяйственных источников		Выбросы от несельскохозяйственных источников	Валовые выбросы
	хозяйства населения	сельскохозяйственные организации		
Брестская	2,58	17,32	2,02	21,92
Витебская	4,18	12,13	1,65	17,96
Гомельская	2,69	13,87	2,02	18,58
Гродненская	2,00	16,88	3,01	21,89
Минская	2,67	25,02	4,11	31,80
Могилевская	2,85	12,68	1,40	16,93
Республика Беларусь	16,97	97,90	14,21	129,08

Валовые выбросы аммиака в 2007 г. на уровне административных районов характеризуются значительной вариабельностью от 0,23 тыс. т (Россонский район) до 4,69 тыс. т (Минский район) со средним значением 1,09 тыс. т. В 48 районах валовые выбросы аммиака превышают среднее значение по стране. Наибольшее количество таких районов приходится на Минскую и Брестскую области (15 и 11 соответственно); в Могилевской и Витебской областях – четыре и три.

Районы с выбросами более 2,5 тыс.т/год расположены мозаично по территории страны и присутствуют во всех областях, кроме Витебской; 1,5–2,5 тыс.т/год в основном сосредоточены на юго-западе; с выбросами менее 1,5 тыс. т/год распределены по всей территории относительно равномерно, за исключением юго-запада (рис. 1).

Практически во всех районах валовые выбросы аммиака обусловлены животноводством. Исключение – Гродненский и Минский районы, где вклад данной отрасли составляет менее 50 % (рис. 2, а). В 92 районах основной вклад в валовые выбросы вносит содержание животных в сельскохозяйственных организациях.

Доля выбросов от внесения минеральных удобрений по административным районам не превышает 31 % и в среднем составляет 19 %.

Для районов, расположенных на востоке страны, доля этой категории выше 20 % (рис. 2, б).

Практически для всех районов вклад несельскохозяйственных источников не достигает 10 %; только три района (Минский, Полоцкий и Гродненский) характеризуются более высокой долей таких источников в валовых выбросах аммиака (рис. 2, в). В Гродненском районе выбросы от несельскохозяйственных источников в основном обусловлены промышленностью (82 % выбросов данной категории); в Полоцком – промышленностью и удалением отходов (42 и 44 %); в Минском – удалением отходов (60 %).

Оценка выбросов аммиака от животноводства в зависимости от категорий хозяйств – хозяйства населения, крупные и малые сельскохозяйственные предприятия, позволила выполнить типизацию районов по структуре выбросов от животноводства (рис. 3). Выявлено, что максимальную площадь занимают районы, в которых выбросы аммиака от животноводства обусловлены небольшими фермами, свиноподкомплексами и птицефабриками. Районы, где выбросы обусловлены выращиванием животных в хозяйствах населения, размещены на севере страны (Витебская область). Районы с максимальным вкладом крупных комплексов и ферм расположены мозаично по всей территории с концентрацией на севере Беларуси.

Для определения нагрузки на окружающую среду оценены показатели выбросов аммиака, выраженные в расчете на единицу площади. Плотность валовых выбросов в среднем по стране составила $0,65 \text{ т/км}^2/\text{г.}$, с минимальным значением для нескольких районов юга и севера (менее $0,32 \text{ т/км}^2/\text{г.}$) и максимальным значени-

ем – для районов центральной и юго-западной частей страны (более $1,05 \text{ т/км}^2/\text{г.}$).

Построенные карты позволили выделить районы с высоким уровнем плотности выбросов аммиака. Они расположены в средней части страны. С максимальной концентрацией – на западе. Районы с низкой плотностью выбросов аммиака находятся на юге страны (рис. 4).

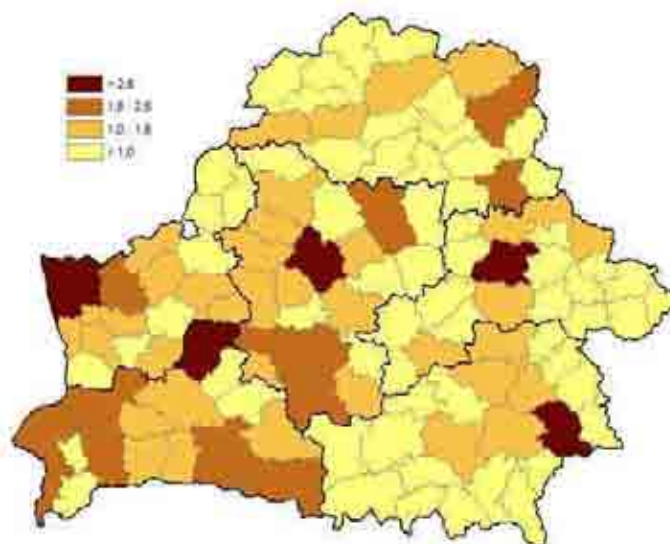


Рис. 1. Распределение валовых выбросов аммиака на территории Беларуси в 2007 г., тыс. т

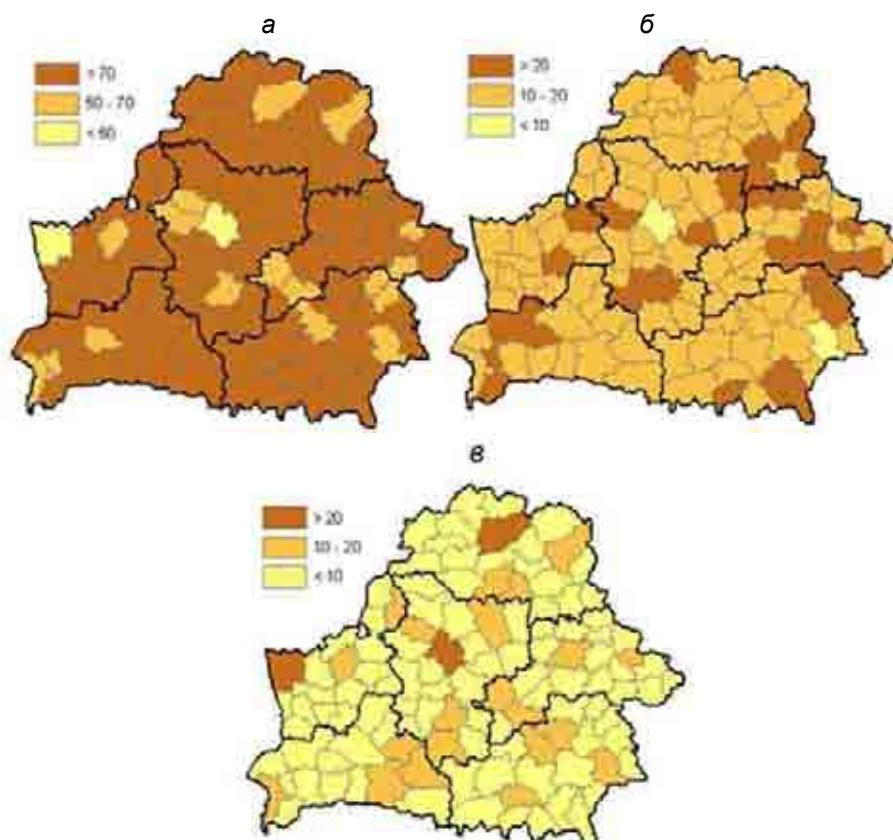


Рис. 2. Распределение вклада в валовые выбросы аммиака на территории Беларуси: содержание животных (а); внесение минеральных удобрений (б); несельскохозяйственные источники (в), %

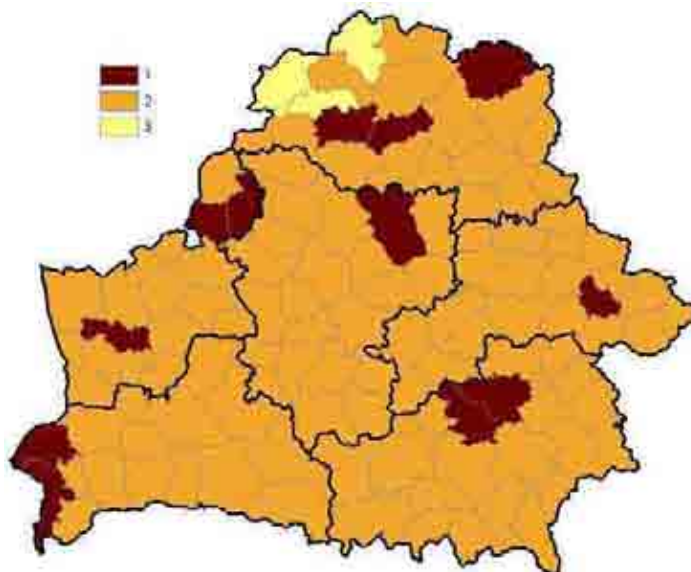


Рис. 3. Типизация административных районов Беларуси по структуре выбросов аммиака от животноводства: 1 – с преобладающим вкладом крупных точечных источников; 2 – с преобладающим вкладом небольших сельскохозяйственных предприятий; 3 – с преобладающим вкладом хозяйств населения

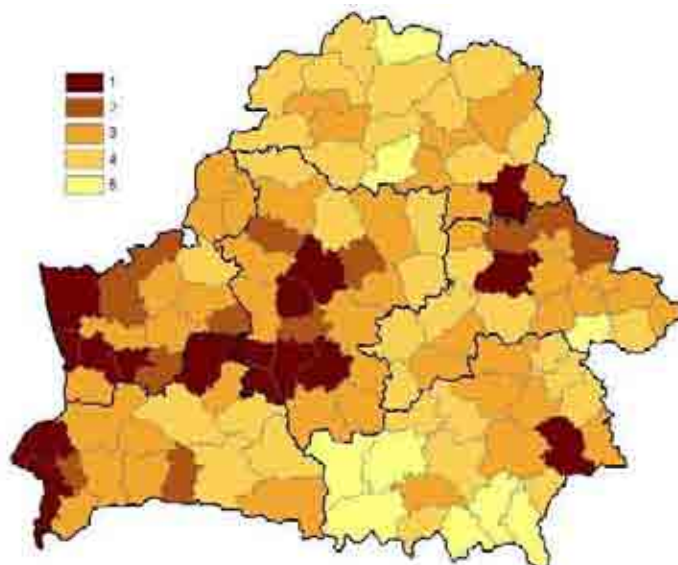


Рис. 4. Плотность выбросов аммиака на территории Беларуси, т/км²/г.: 1 – высокий уровень плотности выбросов (> 1,05); 2 – повышенный уровень плотности выбросов (0,86–1,05); 3 – средний уровень плотности выбросов (0,5–0,86); 4 – пониженный уровень плотности выбросов (0,32–0,5); 5 – низкий уровень плотности выбросов (< 0,32)

В первую очередь аммиак оказывает воздействие на экосистемы, расположенные в непосредственной близости от источников выбросов [3, 9]. Исследования показали, что в Беларуси насчитывается большое количество комплексов и ферм, которые могут быть отнесены к точечным источникам. В международной практике для оценки воздействия загрязнения атмосферного воздуха на экосистемы применяют такое понятие, как крупный точечный источник (КТИ). Для выделения КТИ обычно используют пороговое значение выбросов [13]. В качестве критерия КТИ

выбросов аммиака использован порог выбросов, равный 100 т/г.

Согласно проведенным расчетам, в 2007 г. на территории Беларуси насчитывалось более 90 КТИ, расположенных в основном в центральной части Беларуси (рис. 5). К ним отнесено 77 свинопредприятий, 10 птицефабрик, 5 комплексов по выращиванию КРС и одно промышленное предприятие. Наибольшее количество КТИ расположено в Минской и Гродненской областях (20 и 24 соответственно). Всего КТИ выявлены в 67 районах. Их вклад в валовое поступление ам-

миака по административным районам варьирует от 3 (Минский район) до 53 % (Молодечненский район) и в среднем по стране составляет 13 %.

Суммарные выбросы КТИ в 2007 г. равнялись 20,2 тыс. т, т. е. 22 % выбросов животноводства или 16 % валовых выбросов по стране.



Рис. 5. Картограмма размещения крупных точечных источников выбросов аммиака, т/год

Выполненные исследования позволили выявить следующие особенности распределения выбросов аммиака: незначительная вариация выбросов между административными областями и значительная вариация на уровне районов; практически на всей территории страны выбросы обусловлены животноводством; на востоке страны значительным источником выступает также растениеводство (внесение минеральных удобрений); вклад несельскохозяйственных источни-

ков для 73 % территории страны не превышает 10 %; выбросы от животноводства, которые составляют более 70 % валовых выбросов, обусловлены в основном небольшими сельскохозяйственными предприятиями.

Построенные карты могут использоваться в качестве основы для моделирования воздействия выбросов аммиака на экосистемы страны, а также для разработки мероприятий по снижению выбросов на региональном уровне.

Литература

1. **Какарека С. В., Мальчихина А. В.** Источники и уровни поступления аммиака в окружающую среду на территории Беларуси // Природопользование. Минск, 2009. Вып. 15. С. 69–78.
2. **Легеза В. Н.** Животноводство. 2-е изд. М., 2004.
3. Мониторинг состояния лесов в Европе: краткий доклад Координационного центра Международной совместной программы по оценке и мониторингу воздействия загрязнения воздуха на леса / Европейская экономическая комиссия. Женева, 2002.
4. Природно-хозяйственные регионы Беларуси / Под ред. А. Н. Витченко. Минск, 2005.
5. Республиканские нормы технологического проектирования новых, реконструкции и технического перевооружения животноводческих объектов: Утв. Приказом Министерства сельского хозяйства и продовольствия РБ 30.12.2006 № 514 // Нац. Реестр правовых актов Респ. Беларусь. 2007. 8/15889.
6. Сельское хозяйство Республики Беларусь 2007 // Статист. сб. / В. Н. Синкевич [и др.] Под ред. В. С. Метез. Минск: Министерство статистики и анализа Республики Беларусь, 2007.
7. **Струк М. И.** Региональные особенности оптимизации окружающей среды Беларуси. Минск, 2007.

8. **Тейкин В. В.** Свиноводство в Беларуси. Минск, 2003.
9. **Asman A. H.** Ammonia: Emission, Atmospheric Transport and Deposition / A. H. Asman [et al.] // *New Phytol.* 1998. Vol. 139. P. 27–48.
10. EMEP/EEA air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2009. Technical Guidance to Prepare National Emission Inventories EEA // European Environmental Agency [Electronic resource]. Copenhagen. 2009. Mode of access: <http://www.eea.europa.eu/themes/air/emep-eea-air-pollutant-emission-inventory-guidebook/emep>. Date of Access: 20.04.2010.
11. Estimating Ammonia Emissions from Anthropogenic Nonagricultural Sources / Stephen M. Roe [et al.]. USA: EPA, 2004.
12. Global Estimates of Gaseous Emissions of NH₃, NO and N₂O from Agricultural Land / International Fertilizer Industry Association Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2001.
13. Guidelines for Reporting Emission Data Under the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution / Economic Commission for Europe. 2008.
14. **Klimot Z.** Modeling of Emissions of Air Pollutants and Greenhouse Gases from Agricultural Sources in Europe / Z. Klimot, C. Brink. Luxemburg: IASA, 2004.
15. Officially Reported Emission Data // EMEP [Electronic resource]. 2000. Mode of access : <http://www.ceip.at/emission-data-webdab/emissions-as-reported-by-parties/> / www.webdab.int. Date of access : 12.05.2009.
16. **Zapletal M.** Spatial Distribution of Ammonia Emissions on the Territory of the Czech Republic / M. Zapletal, P. Chroust // Workshop on Agricultural Air Quality, Washington D.C., June 5–8, 2006. Washington D.C., 2006. P. 1258–1262.

Институт природопользования НАН Беларуси

А. В. Мальчихина

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ВЫБРОСОВ АММИАКА В БЕЛАРУСИ

Статья посвящена анализу территориальной структуры выбросов аммиака в Беларуси. Дано краткое описание использованной методологии, приведены удельные показатели выбросов для таких источников, как обращение с навозом, внесение минеральных удобрений, обработка сточных вод, образующихся на городских территориях. Автором выполнена оценка валовых выбросов аммиака и выбросов в разрезе отраслей на уровне административных областей и районов. Построены карты валовых выбросов аммиака, точечных источников выбросов и карты плотности выбросов; выполнена типизация административных районов по структуре выбросов от животноводства.

Проведенные исследования позволили выявить следующие особенности распределения выбросов аммиака: незначительная вариация выбросов между областями и значительная вариация на уровне районов; практически на всей территории страны выбросы обусловлены животноводством; на востоке – к основным источникам относится также растениеводство (внесение минеральных удобрений); вклад несельскохозяйственных источников для 73 % территории страны не превышает 10 %; выбросы от животноводства, которые составляют более 70 % валовых выбросов, обусловлены на большей части территории Беларуси небольшими сельскохозяйственными предприятиями.

H. V. Malchykhina

SPATIAL DISTRIBUTION OF AMMONIA EMISSIONS IN BELARUS

The article is devoted to ammonia emission spatial distribution. The methodology of ammonia assessment is summarized. The emission factors of ammonia from manure management processes, mineral fertilizers application, urban waste water treatment are given. Total ammonia emissions and those regarding sectors on national, regional, and district scales are estimated. The following maps were made: total ammonia emissions, emissions from large point sources, emission density. District typification by structure of livestock emissions was made.

The performed work reveals following features of spatial ammonia emissions distribution: small emissions variation on regional scale and significant variation on the district level; for almost all territory of the country the livestock is the main source of ammonia emissions; mineral fertilizers application is important source in the east of Belarus; share of non-agricultural sources for 73 % of territory does not exceed 10 %; emissions from livestock, which are contribute over 70 % of total emissions, are determined by small agricultural enterprises.

УДК [504.453.054+556.531.4]:546.226(282.247.321.6)

О. В. Кадацкая, Е. В. Санец, Е. П. Овчарова, И. Е. Русая**ОЦЕНКА ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗАПАДНОГО БУГА**

С использованием данных, полученных в Национальной системе мониторинга окружающей среды Беларуси, выполнена пространственно-временная оценка гидрохимического состояния Западного Буга в 2006–2008 гг. Проанализированы среднегодовые концентрации и пределы содержания в воде шести речных створов органических веществ (по БПК₅), минерального азота (аммонийного, нитритного и нитратного) и минерального фосфора. По результатам изучения сделан вывод об уровне и устойчивости процесса загрязнения реки, которые по-разному выражены для каждого из рассматриваемых ингредиентов в пределах контролируемого участка Западного Буга.

Симптомы неблагоприятного гидрохимического состояния рек при определенных условиях перерастают в конфликтные гидроэкологические ситуации. Последние возникают в тех случаях, когда качество речных вод не удовлетворяет требованиям, определяющим пригодность воды для конкретных видов водопользования, или когда химические параметры речных вод не обеспечивают нормальное функционирование водных экосистем.

Формирование неблагоприятных экологических ситуаций в речных экосистемах в значительной степени определяется структурой водоотведения в городах. Благоустройство городов и постоянный рост численности жителей приводят к увеличению объемов водоотведения в сфере жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) [3]. Так, вклад ЖКХ в суммарный объем сточных вод, образованных в городах, составил в 2008 г. почти 69 %. При этом в их составе содержалось 92,8 % всего сбрасываемого в реки азота аммонийного, 85,0 – азота нитритного, 90,4 – фосфора фосфатного, 77,4 – органических веществ, 84,2 – хлоридов, 78,6 – нефтепродуктов, 77,8 – взвешенных веществ и 54,6 % сульфатов [5]. В целом для сточных вод ЖКХ городов характерно преобладание органической части растворенных и взвешенных веществ, а также повышенное содержание соединений азота и фосфора.

Как известно, загрязняющие вещества поступают в реки страны в основном в составе нормативно-очищенных сточных вод. Такое положение вещей является, как правило, результатом неэффективной работы очистных сооруже-

ний из-за несовершенных (устаревших) методов очистки или технического износа оборудования, достигающего на некоторых очистных сооружениях практически 100 %. В связи с этим 82–88 % объема очищенных сточных вод содержат загрязняющие вещества, превышающие нормативные величины [6].

В пределах урбанизированных участков водосборов нормативно-очищенные воды, отводимые в реки, являются основным фактором создания негативных экологических ситуаций, связанных с ростом в речных водах содержания органических веществ, соединений азота и фосфора.

В структуре сточных вод, сбрасываемых в Западный Буг, как и для страны в целом, преобладают нормативно-очищенные воды, на долю которых приходится 83–86 % (табл. 1).

Как видно из табл. 1, объем нормативно-очищенных сточных вод в период 2004–2008 гг. имеет хорошо выраженную тенденцию к уменьшению, однако в отношении загрязняющих веществ ситуация выглядит несколько иначе. Несмотря на снижение величин отводимых сточных вод в целом и нормативно-очищенных в частности, в последние два года отчетливо прослеживается количественный рост поступающих в Западный Буг органических веществ, азота аммонийного и фосфора фосфатного. Причем количество органических веществ и азота аммонийного по сравнению со сбросами, зафиксированными в 2005 г., возросло соответственно почти в 1,5 и 2,0 раза. В то же время несколько снизилось поступление в реку азота нитритного (табл. 2).

Таблица 1. Сброс сточных вод в р. Западный Буг (включая р. Нарев) в 2004–2008 гг., млн м³

Год	Всего	Загрязненные (без очистки и недостаточно очищенные)	Нормативно-чистые	Нормативно-очищенные
2004	60	0	8	52
2005	58	0	7	51
2006	49	0	7	42
2007	50	0	7	43
2008	46	0	8	38

Таблица 2. Сброс загрязняющих веществ в р. Западный Буг (включая р. Нарев) в 2004–2007 гг., т

Загрязняющее вещество	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.
Органические вещества (БПК ₅)	430	440	340	640	650
Нефтепродукты	10	10	10	10	20
Фосфор фосфатный	–	–	60	190	160
Азот аммонийный	390	450	340	880	810
Азот нитритный	20	30	30	20	20

Указанное выше позволяет сделать вывод о том, что снижение объема отводимых сточных вод не всегда сопровождается уменьшением химической нагрузки на речную экосистему.

По данным Государственного водного кадастра, масса загрязняющих веществ, поступающих в Западный Буг, формировалась в рассматриваемые годы главным образом за счет сточных вод, отводимых Брестским КУП ВКХ «Водоканал». Так, в 2006–2008 гг. доля данного предприятия в сбросе органических веществ в реку составила 86–92 %, а азота аммонийного – 86–95 % (рис. 1, 2).

Прирост объемов рассматриваемых загрязняющих веществ был обусловлен увеличением их среднегодовых концентраций в отводимых нормативно-очищенных сточных водах. Так,

содержание органических веществ (по БПК₅) в 2008 г. увеличилось по сравнению с 2006 г. с 10 до 20 мгО₂/дм³, азота аммонийного – с 9 до 27 мгN/дм³, фосфора фосфатного – с 6 до 16 мгP/дм³ [4].

Качество воды в трансграничных створах Западного Буга оценивалось по содержанию органических веществ (по БПК₅), минерального азота (аммонийного, нитритного) и минерального фосфора (фосфора фосфатного). Анализировалась также трансформация концентраций в воде реки азота нитратного. Выбор рассматриваемых ингредиентов обусловлен, во-первых, их высокими концентрациями в сточных водах, отводимых в Западный Буг Брестским КУП ВКХ «Водоканал», во-вторых, значительной ролью в функционировании речных экосистем.

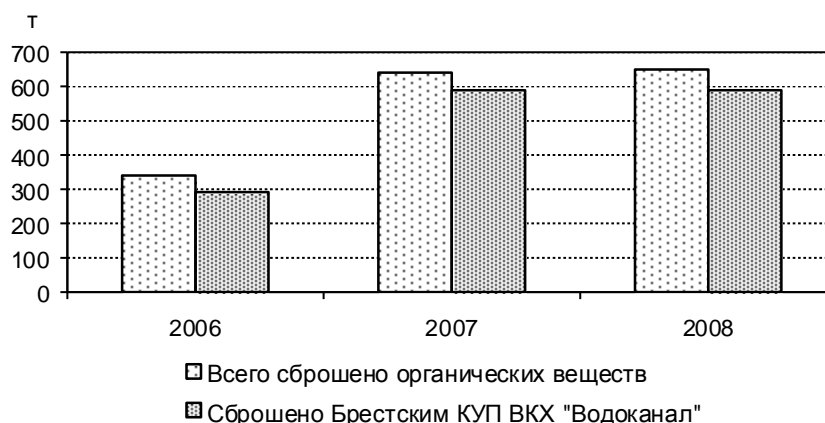


Рис. 1. Объем сброса органических веществ (нормируемых по БПК₅) в р. Западный Буг в 2006–2008 гг.



Рис. 2. Объем сброса азота аммонийного в р. Западный Буг в 2006–2008 гг.

При этом следует иметь в виду, что развитие процессов эвтрофирования инициируется присутствием в воде соединений азота и фосфора в количествах, гораздо меньших, чем регламентируется ПДК. Так, ПДК для фосфора фосфатов составляет $0,066 \text{ мгР/дм}^3$, а экологически допустимая величина – $0,030 \text{ мгР/дм}^3$, для нитратов – $9,0 \text{ мгN/дм}^3$ и $0,50 \text{ мгN/дм}^3$ соответственно [2]. Иными словами, сам факт загрязнения поверхностных вод биогенными веществами свидетельствует о давно идущих процессах эвтрофирования в водных объектах страны.

Анализ среднегодовых величин БПК₅ позволил установить загрязнение реки легкоокисляемыми органическими веществами, которое наиболее четко и во все рассматриваемые годы выражено только на отрезке реки от створа н.п. Речица до створа н.п. Теребунь. Причем содержание загрязняющего вещества, в наибольшей степени превышающее ПДК, характерно для воды створа н.п. Речица, который расположен ниже впадения в Западный Буг его главного притока Мухавца. Концентрация легкоокисляемых органических веществ в речной воде в районе Бреста оказалась несколько ниже, несмотря на

тот факт, что именно здесь река испытывает нагрузку от сбрасываемых сточных вод Брестским КУП ВКХ «Водоканал». Отметим также, что лишь в 2006 г. среднегодовые значения БПК₅ идентифицировали загрязнение воды органическими веществами на всем контролируемом отрезке реки (рис. 3).

Поскольку процесс загрязнения неоднородно проявляется во времени, он может быть охарактеризован как пределами содержания поллютанта в воде реки в течение года, так и по признаку повторяемости его концентраций выше ПДК в процентах от общего числа проб воды, отобранных в течение года во всех створах реки [1].

Анализ пределов содержания органических веществ в воде реки показал, что наибольшие, из зафиксированных в годовом режиме величин БПК₅, в 2006 г. превышали ПДК в 1,6–3,8 раза, в 2007 г. – в 1,2–1,8, в 2008 г. – в 1,2–2,0 раза, что свидетельствует о тенденции к улучшению ситуации в последние два года. Наименьшие значения БПК₅ оказались ниже нормативной величины, хотя некоторые из них, в частности установленные для створов н.п. Речица и г. Брест, приближались к ПДК (табл. 3).

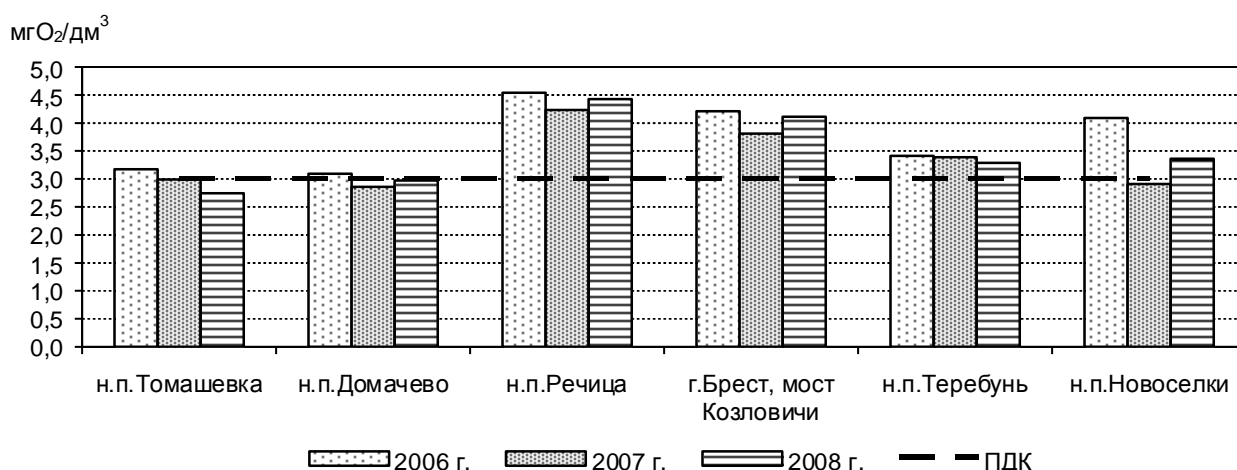


Рис. 3. Среднегодовое содержание легкоокисляемых органических веществ в воде р. Западного Буга в 2006–2008 гг.

Таблица 3. Пределы содержания легкоокисляемых органических веществ в воде р. Западного Буга в 2006–2007 гг., $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$

Створ	2006 г.	2007 г.	2008 г.
н.п. Томашевка	2,19–4,93	2,44–3,60	1,80–3,65
н.п. Домачево	2,03–5,22	2,16–3,60	2,40–3,81
н.п. Речица	2,47–9,24	2,93–5,40	2,80–5,91
г. Брест, мост Козловичи	2,70–7,15	2,67–5,10	2,90–5,73
н.п. Теребунь	2,30–6,02	2,40–3,90	2,40–3,97
н.п. Новоселки	2,46–8,58	2,20–4,20	2,68–3,97
ПДК	3,00		

По признаку повторяемости концентраций легкоокисляемых органических веществ выше ПДК в процентах от общего числа проб воды, отобранных в течение года во всех створах реки [1], загрязнение Западного Буга в 2006–2007 гг. имело устойчивый характер (в 68 и 62 % водных проб величина БПК₅ превышала ПДК). В 2008 г. оно квалифицировалось как неслучайное (в 38 % водных проб величина БПК₅ превышала ПДК).

Судя по среднегодовым концентрациям, загрязнение реки азотом аммонийным прослеживается на контролируемом отрезке, начиная со створа н.п. Речица и ниже по течению. Причем только для воды названного створа оно наблюдается в течение всего исследуемого периода, у

г. Бреста – в двух годах (2006 и 2008 г.), а далее обнаруживается только в 2007 г. (рис. 4).

На участках загрязнения Западного Буга среднегодовые концентрации азота аммонийного в воде реки превышали ПДК в 1,3–1,5 раза, т. е. загрязнение реки может рассматриваться как слабовыраженное. Вместе с тем рассмотрение пределов содержания азота аммонийного указывает на то, что в его годовом режиме максимальные концентрации ингредиента в воде практически всех створов приближались к ПДК или были выше лимитирующего показателя. Так, в 2006 г. наибольшие из зафиксированных в течение года значений содержания загрязняющего вещества составили 1,1–2,2 ПДК, в 2007 г. – 0,9–2,1, в 2008 г. – 0,9–2,0 ПДК (табл. 4).

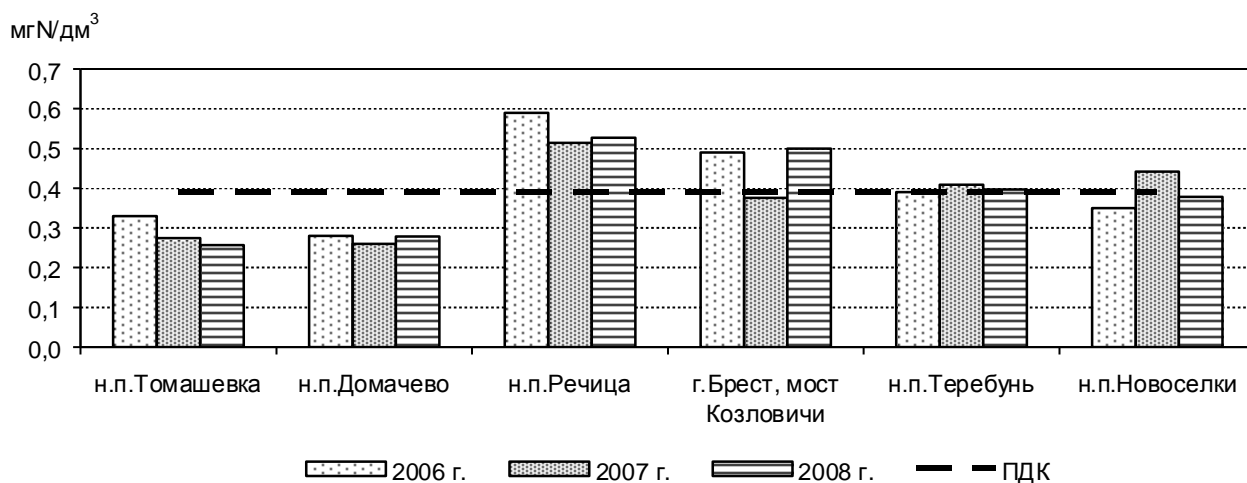


Рис. 4. Среднегодовое содержание азота аммонийного в воде р. Западного Буга в 2006–2008 гг.

Таблица 4. Пределы содержания азота аммонийного в воде р. Западного Буга в 2006–2008 гг., мгN/дм³

Створ	2006 г.	2007 г.	2008 г.
н.п. Томашевка	0,13–0,78	0,17–0,39	0,18–0,35
н.п. Домачево	0,15–0,42	0,15–0,35	0,15–0,57
н.п. Речица	0,28–0,86	0,33–0,80	0,23–0,78
г. Брест, мост на Козловичи	0,27–0,77	0,25–0,53	0,35–0,74
н.п. Теребунь	0,24–0,62	0,23–0,74	0,25–0,49
н.п. Новоселки	0,22–0,50	0,21–0,89	0,23–0,47
ПДК	0,39		

Следовательно, в годовом режиме «аммонийное» загрязнение в той или иной мере выявляется для воды практически всех створов реки. Что же касается проявления процесса загрязнения в пределах всего контролируемого участка Западного Буга, то можно констатировать, что, исходя из количества проб, превышающих ПДК в течение года, оно имеет неслучайный характер в

2006 и 2008 г. и может классифицироваться как периодическое в 2007 г.

Концентрации азота нитритного в воде Западного Буга на протяжении всего анализируемого периода колебались в очень широком диапазоне. Это касается как зафиксированных наименьших величин содержания ингредиента, так и значений их верхнего предела (табл. 5).

Рассмотрение наименьших концентраций по годам позволяет констатировать, что их минимальные значения пришлось на 2006 г., в 2007 г. они оказались самыми высокими, превысив концентрации предыдущего года в 3,3–6,0 раз. Причем в воде реки у н.п. Речица и г. Бреста содержание азота нитритного практически приблизилось к ПДК. Величины наибольших концентраций были выше лимитирующего показателя во все годы: в 2006 г. – в 2,0–5,1 раза, в 2007 г. – в 2,1–4,7, в 2008 г. – в 1,8–4,5 раза. Причем в течение исследуемого периода отчетливо прослеживается рост содержания азота нитритного в воде Западного Буга в районе н.п. Речица и г. Бреста (табл. 5).

Несмотря на значительные вариации абсолютных величин содержания азота нитритного, его среднегодовое содержание в речной воде для каждого из исследуемых лет, как правило, превышало ПДК, идентифицируя загрязнение реки. Исключение составили створы н.п. Речица и г. Брест, мост Козловичи, в воде которых в 2006 г. средняя за год концентрация загрязняющего агента в первом случае достигла ПДК, а во втором оказалась ниже лимитирующей величины (рис. 5).

Согласно рис. 5, «нитритное» загрязнение Западного Буга проявляется неоднозначно. В 2006 г. загрязнение отчетливо прослеживалось только в верхней и нижней частях рассматриваемого отрезка реки, в последующие годы – в пределах всего контролируемого участка. При этом процесс загрязнения достаточно устойчив во временном аспекте. Иными словами, проблема «нитритного» загрязнения реки становится все более актуальной, хотя его уровень достаточно низкий (превышения ПДК составляют 1,2–1,6 раза).

Рассматривая содержание азота нитратного в речной воде, необходимо пояснить следующее. В данном случае речь не идет о «нитратном» загрязнении вод рек, поскольку превышение официального норматива ($9,0 \text{ мгN/дм}^3$), удостоверяющего факт загрязнения реки, как правило, не наблюдается. В то же время даже незначительное увеличение концентраций азота нитратного, вызванное антропогенным фактором, приводит к ускорению процессов эвтрофирования в речных экосистемах. Напомним, что с точки зрения экологического благополучия водных объектов содержание данного ингредиента лимитируется условно фоновой величиной $0,50 \text{ мгN/дм}^3$ [2].

Таблица 5. Пределы содержания азота нитритного в воде р. Западного Буга в 2006–2008 гг., мгN/дм^3

Створ	2006 г.	2007 г.	2008 г.
н.п. Томашевка	0,002–0,123	0,017–0,114	0,012–0,078
н.п. Домачево	0,003–0,093	0,012–0,051	0,014–0,109
н.п. Речица	0,006–0,050	0,023–0,069	0,018–0,106
г. Брест, мост Козловичи	0,007–0,049	0,023–0,067	0,022–0,092
н.п. Теребунь	0,007–0,076	0,018–0,056	0,016–0,091
н.п. Новоселки	0,004–0,078	0,019–0,072	0,022–0,044
ПДК	0,024		

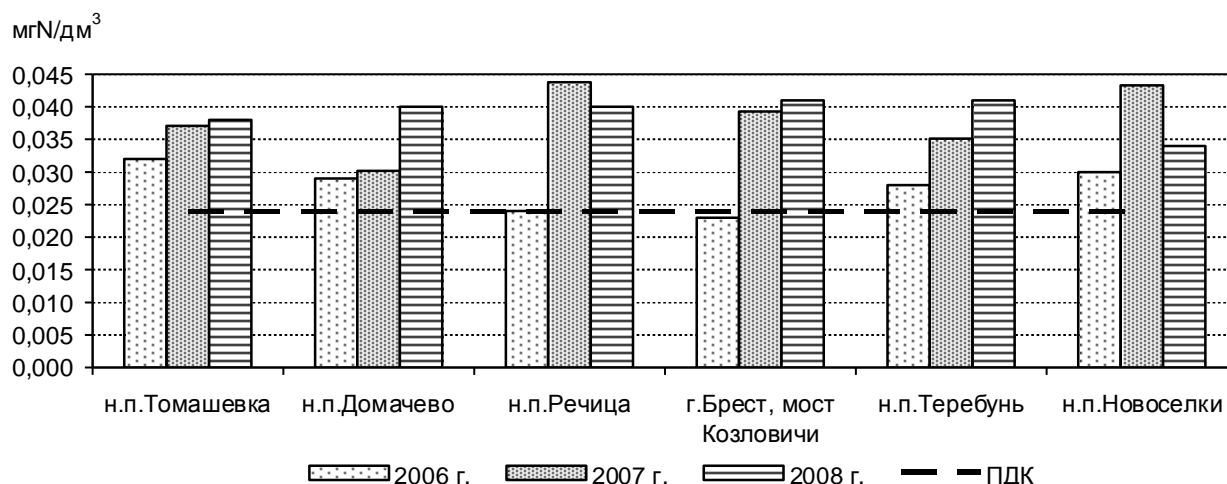


Рис. 5. Среднегодовое содержание азота нитритного в воде р. Западного Буга в 2006–2008 гг.

Изучая присутствие в речной воде азота нитратного с указанных позиций, следует отметить, что его среднегодовое содержание выше экологически обоснованной величины отмечено в воде всех створов. Так, в 2006 г. концентрации азота нитратного превысили фоновую величину в пределах контролируемого участка в 2,1–3,7 раза, в 2007 г. – в 2,7–3,6, а в 2008 г. – в 2,3–2,9 раза, свидетельствуя о формировании благоприятных условий для поддержания в Западном Буге процессов эвтрофирования, которые особенно четко проявились в 2007 г. (рис. 6).

Вышеизложенное подтверждают и данные о пределах содержания азота нитратного в воде реки, которое в течение 2007 г. варьировало от 0,65 до 2,46 мгN/дм³, а в 2008 г. – от 0,48 до 2,33 мгN/дм³, что позволяет сделать вывод о присутствии избыточного количества нитратов в речной экосистеме круглый год.

Высокое для речных вод содержание фосфора фосфатного в воде Западного Буга установлено во все рассматриваемые годы. В 2006 г. как минимальные, так и максимальные концентрации, отмеченные в годовом режиме, не только значительно превысили условно фоновую вели-

чину (0,030 мгP/дм³), но и оказались выше ПДК в 1,1–1,5 и 3,1–7,0 раз соответственно (табл. 6).

Аналогичная ситуация установлена и для двух последующих лет. Для режима фосфора фосфатного как в 2007 г., так и в 2008 г. были характерны концентрации, превышающие ПДК соответственно в 1,4–6,7 и 1,4–7,7 раза. Исключение составила минимальная концентрация, зафиксированная в воде створа н.п. Домачево в 2008 г. Судя по пределам содержания, загрязнение реки фосфором фосфатным хорошо идентифицируется и выражено весьма устойчиво и во времени, и в пространстве.

Установленные среднегодовые концентрации фосфатов изменялись по годам в достаточно узком диапазоне: в 2006 г. они превысили ПДК в 2,2–2,8 раза, в 2007 г. – в 2,5–3,4, в 2008 г. – в 2,4–3,2 раза. Вместе с тем можно констатировать, что пик загрязнения пришелся на 2007 г., причем содержание фосфатов увеличивалось в воде реки в районе н.п. Речица и г. Бреста с последующим уменьшением вниз по течению реки. В целом вода Западного Буга наиболее загрязнена фосфатами на отрезке реки от н.п. Речица до г. Бреста (рис. 7).

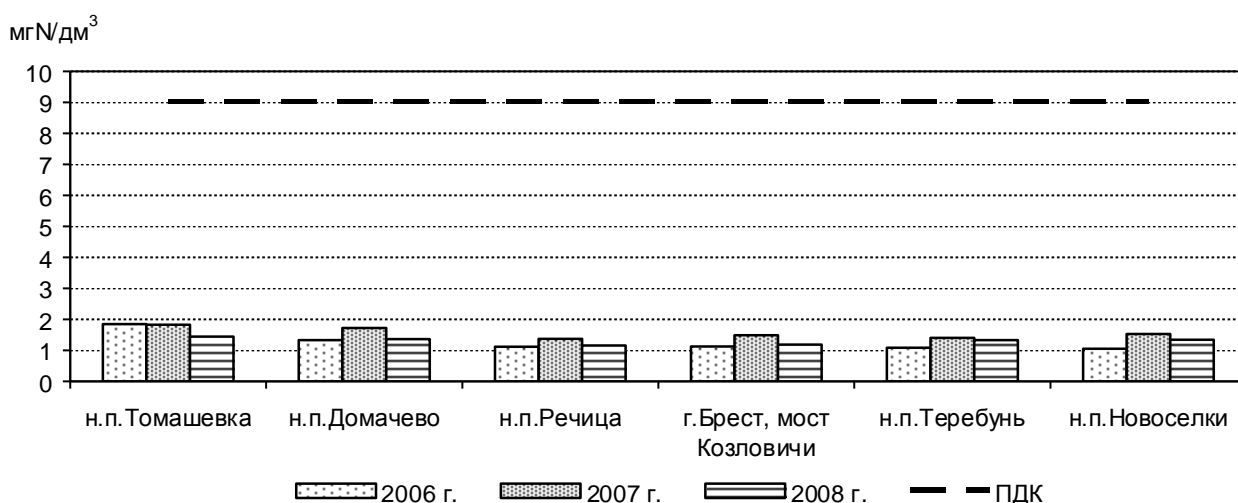


Рис. 6. Среднегодовое содержание азота нитратного в воде р. Западного Буга в 2006–2008 гг.

Таблица 6. Пределы содержания фосфора фосфатного в воде р. Западного Буга в 2006–2008 гг., мгP/дм³

Створ	2006 г.	2007 г.	2008 г.
н.п. Томашевка	0,094–0,261	0,124–0,310	0,090–0,300
н.п. Домачево	0,098–0,460	0,110–0,277	0,011–0,270
н.п. Речица	0,101–0,280	0,130–0,290	0,120–0,500
г. Брест, мост Козловичи	0,094–0,264	0,111–0,440	0,130–0,270
н.п. Теребунь	0,091–0,202	0,090–0,235	0,120–0,250
н.п. Новоселки	0,075–0,222	0,111–0,326	0,120–0,250
ПДК	0,066		

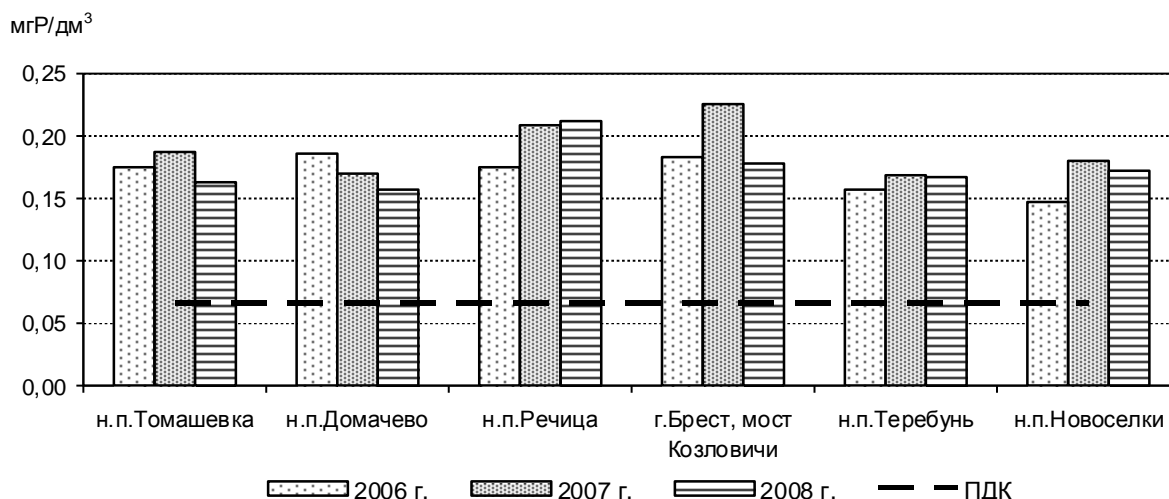


Рис. 7. Среднегодовое содержание фосфора фосфатного в воде р. Западного Буга в 2006–2008 гг.

Проведенный пространственно-временной анализ гидрохимического состояния Западного Буга позволил сделать следующие выводы.

Отведение в реку нормативно-очищенных сточных вод, в составе которых содержатся избыточные концентрации биогенных веществ, сопровождается загрязнением речных вод не только в месте их сброса (г. Брест, мост Козловичи), но и оказывает воздействие на химический состав воды вниз по течению реки. Однако выраженность процесса загрязнения не всегда адекватна установленному химическому прессу.

Гидрохимическая ситуация выше локального источника воздействия, обусловленная влиянием поверхностного стока с урбанизированных и сельскохозяйственных территорий водосбора, вносит свои коррективы в формирование общей экологической обстановки в речной экосистеме. Так, поступление в Западный Буг загрязненных вод Мухавца существенным образом сказывается на качестве воды в створе, расположенном ниже впадения притока (н.п. Речица).

Установленное загрязнение воды реки органическими веществами, азотом аммонийным, азотом нитритным и фосфором фосфатным позволяет констатировать, что неблагоприятная для речной экосистемы гидрохимическая ситуа-

ция по-разному проявляется во временном и в пространственном аспектах.

В течение рассматриваемого периода (2006–2008 гг.) для всего контролируемого отрезка Западного Буга выявлено существенное обогащение вод фосфором фосфатным. При этом наиболее напряженная для речной экосистемы обстановка отмечена в пределах участка от н.п. Речица до г. Бреста.

Загрязнение реки азотом нитритным, несмотря на его низкий уровень, достаточно устойчиво выражено в течение двух последних лет для всех трансграничных створов. Судя по полученным результатам, проблема «нитритного» загрязнения реки становится достаточно актуальной.

Несколько иная ситуация складывалась в отношении азота аммонийного и легкоокисляемых органических веществ. «Аммонийное» загрязнение речной воды в рассматриваемый период отчетливо фиксируется только в районе н.п. Речица, в отдельные годы отмечается ниже по течению реки, а выше указанного створа вообще не наблюдается. Загрязнение легкоокисляемыми органическими веществами наиболее четко и во все рассматриваемые годы выражено только на отрезке реки от створа н.п. Речица до створа н.п. Теребунь.

Литература

1. Кадацкая О. В., Санец Е. В. Устойчивость процесса загрязнения рек в бассейнах Западного Буга и Припяти // Природнае асяроддзе Полесся: асабліваасці і перспектывы развіцця: зборнік навуковых прац / Национальная академия наук Беларуси, Полесский аграрно-экологический институт. Брест, 2008. Вып. 1: в 2 т. Т. 1. С. 18–21.
2. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши / О. П. Оксик, В. Н. Жуковский, Л. П. Брагинский и др. // Гидробиологический журнал. 1993. Т. 29, № 4. С. 62–72.
3. Ландшафтные воды в условиях техногенеза / О. В. Кадацкая и др. Минск, 2005.

4. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2008 год. Минск, 2009. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень, 2008 год / Под общ. ред. В. Ф. Логина. Минск, 2009.

5. Kadatskaya O. Wastewater treatment in Belarus: purification efficiency and surface water pollution risk // Integrated Urban Water Resources Management / Ed. by P. Hlavinek et al. / NATO Security through Science Series. C: Environment Security. The Netherlands: Springer, 2006. P. 245–252.

**Институт природопользования НАН Беларуси,
Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь**

О. В. Кадацкая, Е. В. Санец, Е. П. Овчарова, И. Е. Русая

ОЦЕНКА ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗАПАДНОГО БУГА

Приведены результаты пространственно-временной оценки гидрохимического состояния Западного Буга в 2006–2008 гг. Анализ среднегодовых концентраций органических веществ (по БПК₅), минерального азота (аммонийного, нитритного и нитратного) и фосфора, а также пределов их содержания в речной воде, позволил охарактеризовать особенности загрязнения реки. Выбор указанных ингредиентов обусловлен двумя причинами: во-первых, для них характерны высокие концентрации в сточных водах, отводимых в Западный Буг; во-вторых, они играют существенную роль в функционировании речных экосистем.

Загрязнение воды фосфором фосфатным хорошо прослеживается на всем контролируемом участке реки; легкоокисляемыми органическими веществами – на отрезке реки от н.п. Речица до н.п. Теребунь; аммонийным азотом – только в районе н.п. Речица; «нитритное» загрязнение реки проявляется неоднозначно. Так, в 2006 г. загрязнение наблюдалось в верхней и нижней части рассматриваемого отрезка реки, в последующие годы – в пределах всего контролируемого участка.

Как выяснилось, обогащение речных вод рассматриваемыми ингредиентами связано не только со сбросом сточных вод, содержащих их избыточные количества, но и с поступлением загрязняющих веществ с водами Мухавца, впадающего в Западный Буг выше створа н.п. Речица. Полученные результаты свидетельствуют о том, что гидрохимическое состояние реки благоприятно для эвтрофикации водной экосистемы.

O. Kadatskaya, E. Sanets, E. Ovcharova, I. Rusaya

AN ASSESSMENT OF HYDROCHEMICAL STATE OF THE WESTERN BUG

Results of assessment of hydrochemical state of the Western Bug River in 2006–2008 are presented in the article. An analysis of average annual concentrations of organic matter (BOD₅), mineral nitrogen (ammonium, nitrite and nitrate) and phosphorus as well as the limits of their content in river water has revealed to show particularities of river pollution. A choice of mentioned ingredients was defined by two reasons. The first one was the high concentrations of these substances in waste water. The second one was the significant role of these ingredients in river ecosystems functioning.

River pollution by phosphorus is clearly detected over the whole controlled river segment, pollution by easily oxidizable organic matter – on the river part from the settlement of Retchica to the settlement of Terebun, pollution by ammonium nitrogen – only near the settlement of Retchica. River pollution by nitrite nitrogen is ambiguous. In 2006 nitrite pollution was detected in upper and lower part of controlled river segment, in the following years – over the whole controlled river segment.

During the investigation the reasons of high concentrations of mentioned ingredients in river water were found out. The first reason is polluted waste water, the second one – intake of pollutants with water of the Mukhavets River flowing into the Western Bug above the settlement of Retchica. The findings show that hydrochemical state of the Western Bug is favorable for eutrophication of the river ecosystem.

В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, Н. Н. Шешко

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»

На основе критериев, включающих частоту измерений уровня, продолжительность непрерывных измерений и плотность сети гидрогеологических скважин, представлены предложения по оптимизации системы наблюдений режима подземных вод.

Организация новых режимных зон в Национальном парке «Беловежская пушта» в условиях значительных природно-климатических изменений требует оптимизации существующей сети гидрогеологических скважин, а в случае необходимости бурения и соответствующего оборудования новых гидрогеологических скважин наблюдательной сети. Мониторинг подземных вод в пределах Национального парка осуществляется на 6 гидрогеологических постах, включающих более 70 скважин. Наблюдения за уровнем и балансом подземных вод должны проводиться согласно разработанным программам наблюдений, которые позволят объективно оценить состояние и тенденции изменений подземных вод.

Программа наблюдений предусматривает определенную частоту измерений, достаточную продолжительность непрерывных наблюдений, позволяющую с необходимой степенью точности оценить основные статистические параметры временных рядов и необходимую плотность (густоту) скважин на местности.

Оптимизация системы наблюдений может проводиться как для уже существующих систем наблюдений за уровнями грунтовых вод (УГВ) (изменение частоты наблюдений), так и для планируемой системы наблюдений.

Согласно Постановлению Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 14 июня 2006 г. № 39 «Об утверждении Инструкции о порядке проведения мониторинга подземных вод», замеры уровня и температуры подземных вод в наблюдательных скважинах производятся 3 раза в месяц с частотой (периодичностью) 10 дней [4].

Однако для такого уникального объекта как НП «Беловежская пушта» требуется разработка программы наблюдений, учитывающей все характерные особенности ее территории. Только в этом случае можно обеспечить оптимальное соотношение точности измерений и экономических затрат на достижение такой точности.

Выделяются два варианта решения данной задачи: 1) при фиксированном уровне затрат определяется максимальная точность измерений; 2) при заданной точности измерений вычисляются затраты на их проведение [6].

В качестве критерия оценки точности измерений можно использовать долю описанной дисперсии ряда за счет повышения частоты измерений, а для оценки затрат – функцию эффективности, показывающую насколько экономически обосновано получение дополнительной информации [8].

Оба показателя имеют различные области применения и размерности. Для решения оптимизационной задачи в таких случаях может использоваться геолого-экономическая целевая функция, соответствующая разности нормированной точности оценок показателей и нормированных затрат на достижение данной точности [7].

В качестве критериев, влияющих на точность оценок, как указывалось выше, могут выступать частота измерений уровней, продолжительность непрерывных измерений и плотность сети гидрогеологических скважин.

Оптимизация данных критериев зачастую проводится отдельно. Это связано с взаимозависимостью критериев, например частота измерений прямым образом влияет на экономические затраты для получения одного значения среднегодового УГВ. Поэтому для решения данной задачи предлагается использовать целевую функцию [3]. Максимизация либо минимизация целевой функции часто применяется при решении транспортно-экономических задач.

Оптимизацию программы наблюдений будет целесообразно проводить в следующей последовательности: 1) оптимизация частоты измерений; 2) оптимизация продолжительности наблюдений; 3) оптимизация плотности распределения наблюдательных скважин.

На каждом из этапов оптимизации ее результаты используются на последующих этапах, т.е. соблюдается институциональный принцип.

Для оценки точности при оптимизации частоты измерений использован критерий точности интерполяции при разном уровне дискретизации временного ряда:

$$E = 1 - \frac{\bar{S}}{\sigma}, \quad (1)$$

где E – точность интерполяции отсутствующих значений; \bar{S} – среднеквадратическая погрешность интерполяции, отражающая отклонение

интерполированных значений при различном уровне дискретизации; σ – среднее квадратическое отклонение исходного (полный ряд наблюдений) временного ряда; Параметр \bar{S} аналогичен оценке качества прогнозной модели (отклонение модельного ряда от исходного (наблюденого) ряда) [5]:

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_i - Z'_i)^2}{n-1}}, \quad (2)$$

где Z_i – фактическое значение УГВ; Z'_i – восстановленные значения УГВ; n – число наблюдений.

Определение \bar{S} выполнялось по следующему алгоритму: 1) расчет УГВ на основе интерполяционных и экстраполяционных формул; 2) вычисление точности по формуле (1) с использованием исходного и модифицированного ряда; 3) возврат к операциям, выполняемым в п. 1 с увеличением количества исключенных значений, вплоть до принятого заранее предельного их количества.

Для упрощения анализа и сопоставления результатов рационально использовать относительные показатели вместо абсолютных значений точности и затрат. Для нормирования величин можно использовать различные подходы, т.е. нормировать на среднее значение либо на амплитуду. В нашем случае относительные показатели λ_E точности и λ_C затрат определялись по формулам:

$$\lambda_{E_i} = \frac{E_{\max} - E_i}{E_{\max} - E_{\min}}; \quad (3)$$

$$\lambda_{C_i} = \frac{C_{\max} - C_i}{C_{\max} - C_{\min}}, \quad (4)$$

где E_{\max} , E_{\min} и E_i – соответственно максимальная, минимальная и i -я точность; C_{\max} , C_{\min} и C_i – соответственно максимальные, минимальные и i -е затраты.

Целевая функция независимо от способа нормировки будет иметь вид $f|\lambda_E - \lambda_C|$.

В рамках настоящего исследования использованы результаты наблюдений по 52 скважинам из более чем 70 существующих с наибольшим периодом непрерывных наблюдений (30–40 лет).

Створы наблюдений за УГВ проходят по характерным ландшафтным участкам Национального парка. Глубина закладки скважин варьируется в широких пределах (2–140 м) в зависимости от гидрогеологических условий и назначения скважин.

Для оптимизации густоты наблюдательных скважин выбран существующий гидрогеологический створ, включающий в себя наиболее характерные элементы ландшафта природно-территориального комплекса «Беловежская пуща». Размер и положение выбранного створа изложены в работе [9].

Определение оптимального интервала дискретности проводилось для 6 гидрогеологических скважин. При этом использовался период наблюдений 4–5 лет. Дискретность временного исходного временного ряда по выбранным скважинам равна $t = 3$ сут. Постепенно увеличивая дискретность (согласно выше указанному алгоритму), вычислены матрицы $\{\lambda_E, \lambda_C, f|\lambda_E - \lambda_C|\}$

для каждой скважины, на основе которых построены графики (рис. 1). Из рисунка видно, что оптимальная дискретность измерений составляет для большинства гидрогеологических скважин $t = 12$ –18 сут., что не противоречит значениям, приведенным в [4]. Благодаря тому что функции точности и издержек возрастают с различной скоростью, можно определить оптимальное значение дискретности измерений. В тех случаях, когда названные скорости равны между собой, задача может быть решена определением затрат и дискретности при заданной точности.

В тех случаях, когда колебания уровня подземных вод имеют строго циклический характер, функция точности, а следовательно, и целевая функция будут иметь циклические колебания. При этом достаточно высокая точность измерений достигается при измерениях максимальных и минимальных уровней.

В результате определена оптимальная дискретность измерений ($t = 12$ –18 сут.) уровней в среднем для всего года. Однако для отдельных периодов, приуроченных к паводкам, половодьям и межени, значение дискретности измерений может отличаться и должно оцениваться отдельно.

На втором этапе проводится оптимизация продолжительности наблюдений за среднегодовыми значениями уровня. В отличие от дискретности наблюдений за суточными значениями, отражающими внутригодовой ход колебаний УГВ, продолжительность многолетних среднегодовых наблюдений влияет на точность оценок основных статистических моментов (среднегодового уровня, его вариация и асимметрия функции распределения).

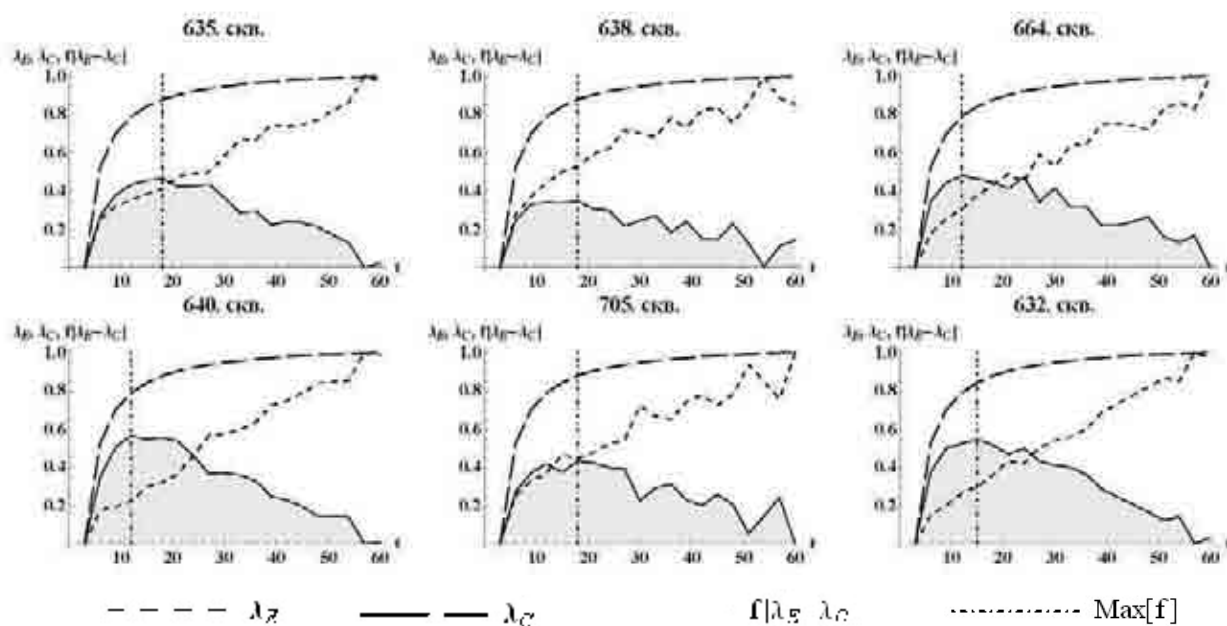


Рис. 1. Зависимость точности интерполяции, затрат на измерения и целевой функции от интервала дискретности измерений уровней подземных вод

На основе общей концепции наблюдений можно утверждать, что чем продолжительнее ряд наблюдений, тем он достоверней. Однако, возможна и такая постановка задачи: определить при какой продолжительности наблюдений выборочные значения с достаточной точностью для практических или иных целей описывают генеральную совокупность.

Таким образом, для оптимизации продолжительности измерений T был выбран показатель точности оценки \bar{Z} среднегогодового УГВ. Для оценки достоверности различий среднегогодовых значений УГВ был выбран критерий Стьюдента, который определяется по формуле (5), в случае равенства дисперсий, и по формуле (6), в случае различия дисперсий:

$$t_s = \frac{\bar{Z} - \bar{Z}'}{S \cdot \sqrt{1/n + 1/n'}}; \quad (5)$$

$$t_s = \frac{\bar{Z} - \bar{Z}'}{\sqrt{S^2/n + S'^2/n'}}, \quad (6)$$

где \bar{Z} , S , n – статистические параметры исходного ряда; \bar{Z}' , S' , n' – статистические параметры сокращенного ряда. При этом различие дисперсий оценивалось на основе критерия Фишера:

$$F = \frac{S'^2}{S^2} > F_{(\alpha), m, m'}, \quad (7)$$

где $F_{(\alpha), m, m'}$ – определяется табулированием функции плотности распределения Фишера с уровнем значимости α и степенями свободы отдельных выборок m и m' .

На основе ранее выполненных оценок частоты измерений для всей базы наблюдений по гидрогеологическим скважинам проведено определение оптимальной продолжительности наблюдений, результаты которого приведены на рис. 2.

При анализе данных результатов расчетов оптимальной продолжительности непрерывных наблюдений выявлено, что для большинства гидрогеологических скважин оптимальная продолжительность гидрогеологических наблюдений составляет в среднем 14 лет. На рис. 2 приведены результаты расчетов для наиболее характерных скважин. Полученное значение продолжительности наблюдений достаточное с данным уровнем оптимальности для достоверной экстраполяции значения среднегодовых уровней подземных вод при разработке прогнозных оценок.

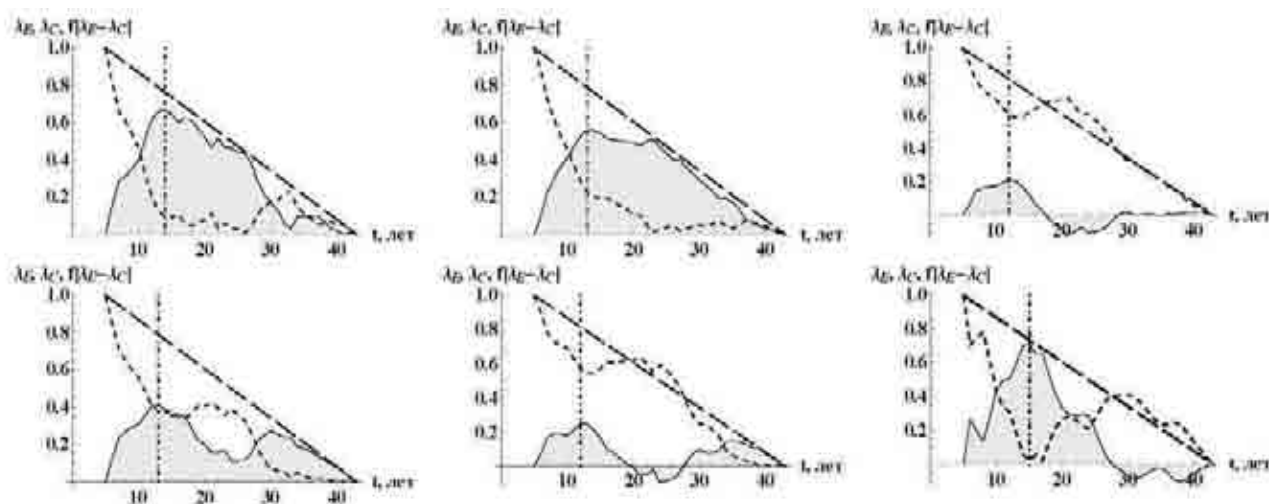


Рис. 2. Зависимость точности оценки среднемноголетнего уровня подземных вод, затрат на проведение наблюдений и целевой функции от продолжительности наблюдений

Оптимизация плотности распределения наблюдательных скважин по территории наиболее сложна, так как связана с большим количеством внешних факторов, таких как сложность рельефа, геологическое и гидрогеологическое строение, расположение водных объектов, уровень антропогенного воздействия и, наконец, целевое назначение наблюдательной сети.

В данном случае параметром для оптимизации густоты наблюдательной сети выбраны характеристики рельефа и геологического строения территории. В основу алгоритма оценки точности интерполяции УГВ в пространстве использована методика крайгинг-оценок [1, 3, 7]. В основу указанной методики положена зависимость полудисперсий смежных точек от расстояния между ними (рис. 3). При некотором значении интервала (лага) полудисперсия достигает максимума и корреляция соседних точек стремится к нулю.

Оптимизация густоты наблюдательных скважин начиналась при шаге (расстоянии между

скважинами) 10 м, который постепенно увеличивался. Затраты на увеличение числа наблюдательных скважин подсчитывались, исходя из интервала дискретности измерений 15 сут. и продолжительности наблюдений 14 лет, т. е. величин, полученных на первых двух этапах оптимизации. Как и ранее, точность (ошибка) и затраты на ее достижение выражались в относительных величинах по формулам (3) и (4).

На рис. 4. показано влияние расстояния между наблюдательными скважинами на точность крайгинг-оценок среднегодовых уровней и затраты на их увеличение, а также вид целевой функции. При этом, как и ранее, функции λ_E и λ_C убывают с различной скоростью, а максимум целевой функции наблюдается при расстоянии между скважинами в 4500 м. Это значение, осредненное для всего выбранного створа, на отдельных участках (вблизи водоемов и водотоков может) может быть уменьшено.

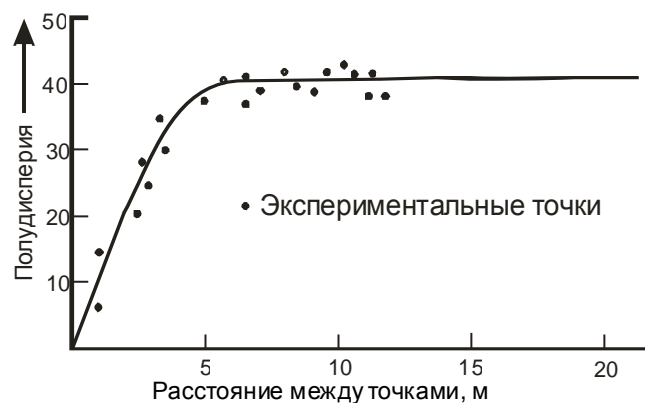


Рис. 3. Вариограмма [7]

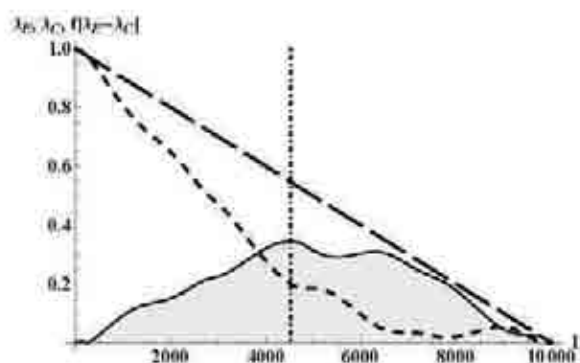


Рис. 4. Зависимость точности крайгинг-оценок среднегодовых уровней и затрат на развитие сети (расстояние, м)

Получены оптимальные, с точки зрения точности наблюдений и затрат на ее достижение. значения частоты (дискретности) наблюдений. Они составляют 12–18 сут., продолжительности наблюдений – 14 лет и расстоянии между гидро-геологическими скважинами – 4500 м. Для Национального парка «Беловежская пуща» при расчете затрат учитывались только переменные издержки, а постоянные издержки принимались равными нулю. Учет постоянных издержек привел бы к незначительному смещению максимума целевой функции, что компенсировалось бы ос-

реднением результатов по нескольким временным рядам. Полученные выше оптимальные значения могут быть использованы при модернизации существующей или при проектировании новой наблюдательной сети. Применительно к особо охраняемым природным территориям возможна компенсация части затрат на измерения (максимум целевой функции сместится влево) в связи с природно-экологической значимостью объекта. Это позволит уменьшить дискретность измерений и интервал между наблюдательными скважинами.

Л и т е р а т у р а

1. Давид М. Геостатистические методы при оценке запасов руд. Л., 1980.
2. Ефре́менко А. В., Семенов С. М. Практическая геостатистика // Тр. Всесоюз. сем. по геостатистике. М., 1991. С. 67–72.
3. Ефре́менко А. В., Ковалевский В. С., Семенов С. М. К оценке оптимального комплекса наблюдений за режимом подземных вод // Водные ресурсы. 1998. Т. 25, № 5. С. 529–533.
4. Инструкция о порядке проведения геологического изучения участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых. Утв. Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 14.06.2006 – текст по состоянию на 19.01.2007 г. Минск, 2006.
5. Конопля́нцев А. А., Семенов С. М. Изучение, прогноз и картирование режима подземных вод. М., 1979.
6. Усиков Т. Ю. Достоверность геологоразведочной информации. М., 1988.
7. DeMers N. Michael Fundamentals geographic information systems // New Mexico: John Wiley & Sons, 1997.
8. Rouhani S. Variance reduction analysis // Water Resour. Res. 1985. V. 21, № 6. P. 837–846.
9. Wołczek A. A., Szeszko N. N., Kamińcz W. I. Stan systemów melioracyjnych strefy ochronnej Parku Narodowego Białowieża i ocena ich wpływu na warunki wodne terenów przyległych // Gospodarka wodna. 2009. N 7(727). P. 282–286.

Институт природопользования НАН Беларуси,
Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси

В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, Н. Н. Шешко

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»

Рассмотрены вопросы оптимизации системы наблюдений для существующих и планируемых наблюдений за уровнем грунтовых вод (УГВ). Для решения оптимизационной задачи использованы геолого-экономическая целевая функция, соответствующая разности нормированной точности оценок показателей и нормированных затрат на достижение данной точности. В качестве критериев, влияющих на точность оценок, использованы частота измерений уровня, продолжительность непрерывных наблюдений и плотности сети гидрогеологических скважин. Получены оптимальные значения частот (дискретности) наблюдений. Они могут быть использованы при модернизации существующей или проектировании новых сетей наблюдений за уровнем грунтовых вод.

V. F. Loginov, A. A. Volchek, N. N. Sheshko

OPTIMIZATION OF THE SYSTEM OF UNDERGROUND WATERS OBSERVATION MODE OF NATURE-TERRITORIAL COMPLEX "BELOVEZHSKAYA PUSHCHA"

Issues of optimization of observation system for present and planned observations for ground waters level (GWL) have been discussed. To solve the optimizing task a geology- economical target function, corresponding to the difference of normalized exactness of the evaluations of indices and normalized costs to obtain the named exactness have been used. As criteria, affecting the assessments exactness, the frequency of level measurement, duration of continuous observations and densities of net of hydrogeological holes have been used. Optimal values of frequencies of observations were gained. They may be applied to update an existing or projected new ground waters level observation nets.

Т. И. Кухарчик, С. В. Какарека, В. С. Хомич, М. И. Козыренко,
П. В. Курман, Т. Л. Лапко, Д. Ю. Городецкий

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ПОЛИХЛОРИРОВАННЫМИ БИФЕНИЛАМИ В ЗОНАХ ЛОКАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И МЕТОДЫ ИХ ОЧИСТКИ

Обобщены результаты рекогносцировочных исследований электроподстанций распределительной сети, потенциально загрязненных ПХБ, полученные в период с 2003 по 2009 г. Приведены данные об уровнях загрязнения почв ПХБ в местах использования/хранения ПХБ-содержащих конденсаторов, выполнена оценка площади загрязненных участков и объемов наиболее загрязненных грунтов, подлежащих очистке. Проанализированы технологии очистки почв, загрязненных ПХБ, и опыт их применения в зарубежных странах. Показаны наиболее приемлемые методы очистки загрязненных почв в зонах локальных источников воздействия в Беларуси.

Загрязненные почвы в последние годы все чаще изучаются с учетом необходимости их очистки и восстановления. В особенности это касается такой группы загрязняющих веществ, как стойкие органические загрязнители (СОЗ), к которым относятся и полихлорированные бифенилы (ПХБ). Даже спустя десятилетия после прекращения промышленного производства ПХБ и ПХБ-содержащей продукции в зонах воздействия предприятий сохраняются высокие уровни загрязнения почв, имеет место накопление ПХБ в растениеводческой и животноводческой продукции, а также в женском грудном молоке [12, 21, 29–31]. Это означает, что добиться существенно снижения концентраций в почве и минимизации последствий можно лишь путем реализации специальных мероприятий по очистке загрязненных территорий.

В настоящее время основным источником загрязнения почв ПХБ в Беларуси, как и в других странах Центральной и Восточной Европы, являются силовые конденсаторы и трансформаторы, заполненные диэлектриками на основе ПХБ. По состоянию на 2008 г. в Беларуси насчитывалось более 48 тыс. ПХБ-содержащих силовых конденсаторов и более 300 силовых трансформаторов с общим объемом ПХБ около 1,5 тыс. т. ПХБ-содержащее оборудование, согласно Стокгольмской конвенции о СОЗ, может использоваться до 2025 г., соответственно будет продолжаться износ оборудования и как следствие – утечки ПХБ. Именно в результате утечек/разливов опасных химикатов формируются ореолы с наиболее высокими уровнями загрязнения почв. Исследования, начатые в Беларуси около 10 лет назад, свидетельствуют о практически повсеместном загрязнении почв в местах использования или хранения ПХБ-содержащего оборудования [2, 4, 7, 23]. Аналогичные результаты получены А.Кумановой при обследовании ряда подстанций в Молдове [16].

Подстанции распределительной сети обслуживают особого внимания, поскольку на них ПХБ-содержащие конденсаторы используются на открытых площадках (в виде батарей статиче-

ских конденсаторов – БСК) и в случае разгерметизации корпуса ПХБ поступают непосредственно на почву. Всего в Беларуси имеется более 100 подстанций, на которых было установлено примерно 9 тыс. силовых конденсаторов с общим объемом ПХБ около 130 т. Учитывая, что большинство БСК размещены в пределах населенных пунктов, создается угроза накопления ПХБ в продуктах питания и поступления в организм человека.

В статье обобщены результаты рекогносцировочных обследований подстанций распределительной сети, выполненные нами в период с 2003 по 2009 г. К настоящему времени обследовано около 80 подстанций, отобрано и проанализировано более 450 проб почв (в том числе 350 проб поверхностного горизонта). Методики полевых исследований, включая отбор проб почвы, а также химико-аналитического определения ПХБ описаны в [2, 4, 11]. Подчеркнем лишь, что оценка уровня загрязнения почвы для определения мер по очистке загрязненных территорий выполнялась с использованием критериев и нормативно-методических документов стран ЕС и США [6, 13, 17], а также значений, принятых Стокгольмской конвенцией о СОЗ [10].

Для выделения наиболее загрязненных участков использовано значение 500 мг/кг, поскольку при таком содержании ПХБ любые субстраты приравниваются к ПХБ-содержащим и подлежат изъятию и утилизации.

В статье также проанализированы технологии очистки почв, загрязненных ПХБ, и опыт их применения в зарубежных странах. Показаны наиболее приемлемые методы очистки в зонах локальных источников воздействия в Беларуси.

Особенности загрязнения почв ПХБ в местах использования и хранения ПХБ-содержащего оборудования.

Обобщение накопленных к настоящему времени данных подтвердило полученные ранее сведения об уровнях содержания ПХБ в почвах на подстанциях электросетей [2, 4, 23]. Установлено, что на площадках БСК содержание суммы ПХБ варьирует от нескольких микрограмм до де-

сятков и сотен грамм на килограмм почвы. Наиболее высокие уровни загрязнения почв с превышением значения 500 мг/кг выявлены в местах утечек и разливов ПХБ, в том числе: под поврежденными конденсаторами (с явными признаками протекания жидкости), под неповрежденными недавно установленными конденсаторами (следствие ретроспективных утечек), а также в местах хранения поврежденного оборудования. Зафиксированные в последнее время более высокие максимальные значения, достигающие в поверх-

ностных горизонтах почвы 130 г/кг в местах установки конденсаторов, подтверждают значительную вариабельность содержания загрязняющих веществ даже в пределах четко диагностируемых аномалий. В большинстве случаев экстремально высокие уровни содержания ПХБ в почве обнаруживаются визуально, при этом признаками загрязнения почвы ПХБ являются ее замасленность, темный цвет, специфический запах. Примеры визуально диагностируемого загрязнения почв ПХБ приведены на рис. 1, 2.



Рис. 1. «Выжженная» растительность под опрокинутым конденсатором



Рис. 2. Незарастающий участок почвы на месте утечек ПХБ

Следует отметить, что иногда на подстанциях электросетей визуально диагностируемое загрязнение почвы (по указанным выше признакам) связано с другой группой загрязняющих веществ – нефтепродуктами, на основе которых изготовлены трансформаторные и компрессорные масла, масла для выключателей, различные типы смазок. Поэтому дополнительным и необходимым признаком идентификации характера загрязнения является собственно электрооборудование, т.е. ПХБ-содержащие конденсаторы. К настоящему времени химико-аналитические исследования почти в 100 % случаев подтверждают загрязнение почв ПХБ именно на БСК.

Установлено, что непосредственно на территории БСК в 29 % случаев, а в местах хранения – в 35 % – содержание ПХБ превышает значение 500 мг/кг (рис. 3). Такие концентрации за пределами мест установки и хранения ПХБ-содержащих конденсаторов практически не встречаются; в единичных случаях (4 %) они зафиксированы в непосредственной близости от БСК, что может быть связано с утечками ПХБ при транспортировке поврежденных конденсаторов. Высок удельный вес проб (40–45 %) с содержанием ПХБ от 1 до 50 мг/кг.

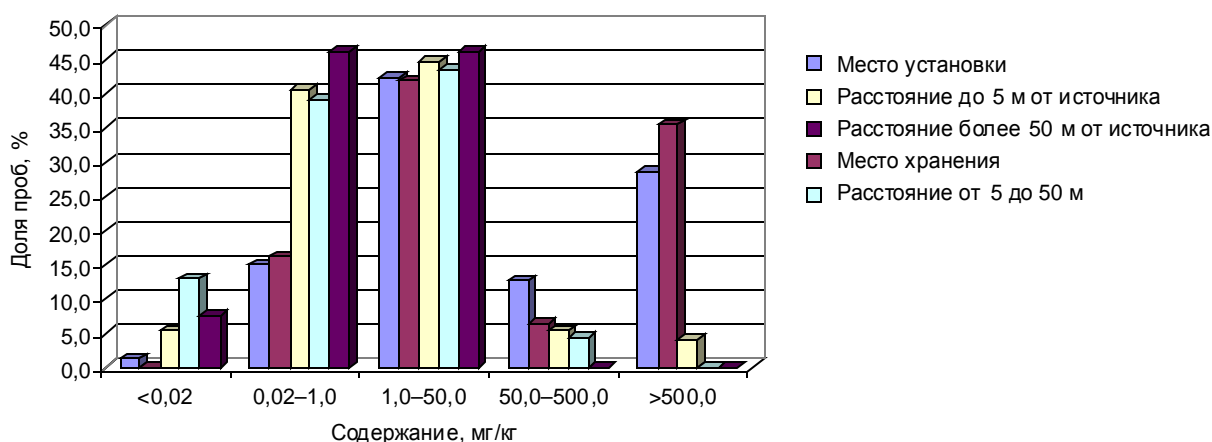


Рис. 3. Распределение почвенных проб, отобранных в местах установки и хранения ПХБ-содержащих конденсаторов и на различном удалении от них, по уровням содержания ПХБ

В целом интенсивность загрязнения почв ПХБ и структура педогеохимических аномалий в зонах локальных источников воздействия обусловлены, прежде всего, техногенными факторами. При этом для аномалий, сформировавшихся в результате утечек и разливов промышленных химикатов, характерны принципиальные отличия от аномалий, обусловленных атмосферным поступлением загрязняющих веществ.

Это выражается в наличии «ядра» или «ядер» с экстремально высокими концентрациями ПХБ, а также в высокой контрастности загрязнения и высоком градиенте снижения концентрации на периферии аномалий (в тысячи раз на расстоянии нескольких метров). Количество таких «ядер», площадь и форма аномалий с наиболее высоким уровнем загрязнения почв зависят от многих факторов, в том числе от количества используемых конденсаторов, случаев выхода конденсаторов из строя с повреждениями корпуса, временем нахождения поврежденных конденсаторов в составе БСК и т. д. На рис. 4 схематично представлены некоторые варианты распределения ореолов с экстремально высоким содержанием ПХБ в почве на обследованных БСК.

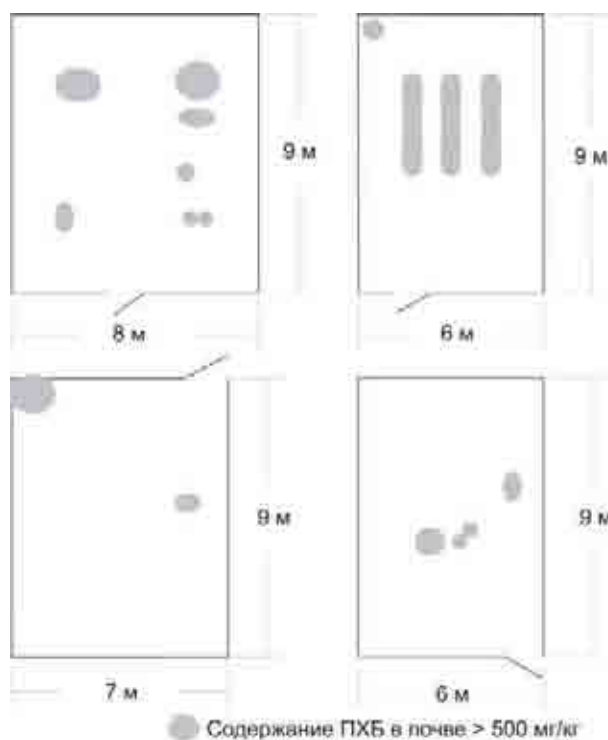


Рис. 4. Примеры распределения ореолов с высоким содержанием ПХБ в почве (более 500 мг/кг) на БСК в местах установки ПХБ-содержащих конденсаторов

Исследования показали: в ряде случаев выявляется высокий, но достаточно однородный характер загрязнения, что может быть связано с

большим износом оборудования (в некоторых случаях конденсаторы установлены более 25 лет назад) и, соответственно, многочисленными утечками ПХБ. Кроме того, важную роль играет вторичное перераспределение ПХБ с различными потоками (в том числе механическое перемещение загрязняющих веществ с частицами почвы и со скошенной загрязненной травой), которое приводит к постепенному «выравниванию» уровня загрязнения.

Глубина загрязнения почв также зависит от объемов утечек и времени поступления ПХБ; наиболее высокие содержания ПХБ выявлены в поверхностных горизонтах почвы – до 10 см, хотя имеются случаи их проникновения на глубину 0,5–1 м.

Приведенные особенности загрязнения почв должны приниматься во внимание при выборе технологий очистки почв и определении первоочередных мероприятий по ликвидации последствий утечек ПХБ. В целом площадь ореолов с экстремально высоким уровнем загрязнения в пределах одной БСК может варьировать от менее одного до нескольких десятков и сотен квадратных метров; по сути, в местах утечек ПХБ формируются ПХБ-содержащие субстраты, подлежащие изъятию и последующему экологически безопасному удалению. Всего в результате исследований выявлено более 50 подстанций, на которых имеются загрязненные почвы, требующие очистки и восстановления. Ориентировочная площадь участков с содержанием ПХБ в почвах 500 мг/кг и более может составлять до 1000 м², а объем сильнозагрязненного грунта, подлежащий изъятию, – 350–750 т. Принимая во внимание необследованные подстанции электросетей, где также высока вероятность загрязнения почв ПХБ, обследованные подстанции с используемым ПХБ-содержащим оборудованием, а также другие предприятия-владельцы ПХБ-содержащего оборудования, можно предположить, что на территории Беларуси насчитывается 150–200 потенциально загрязненных площадок, а объемы сильнозагрязненного грунта в целом для республики могут составить 2000–3000 т. Уточнение площади и объема загрязненных почв возможно после демонтажа оборудования на БСК.

Технологии очистки почв, загрязненных ПХБ, и возможности их применения в Беларуси.

В мировой практике к настоящему времени разработано много технологий очистки почв, которые подразделяются на био- и фиторе медиацию, промывку почвы, дехлорирование, десорбцию, иммобилизацию, сжигание и др. [1, 3, 6, 15, 18–20, 22, 24–28, 32]. Общие сведения об используемых технологиях очистки почв, загрязненных ПХБ, с указанием ограничений на их использование и статуса приведены в таблице.

Общие сведения о методах очистки почв от ПХБ

Технология	Преимущества (краткое описание)	Ограничения по использованию
Биоремедиация	Очистка почв с помощью микроорганизмов-деструкторов ПХБ. Может использоваться «in situ» и «ex situ». Не требуется специальное технологическое оборудование; при экскавации грунта необходима площадка для хранения. Экологически безопасная (отсутствуют выбросы и отходы). Сохранение плодородия почв.	Трудность создания необходимых температурного и влажностного режимов. Применима при невысоком содержании ПХБ в почве. Деструкция ПХБ происходит медленно.
Фиторемедиация	Очистка почв с помощью растений, способных разрушать ПХБ. Используется «in situ». Не требуется специальное технологическое оборудование. Не требуется экскавация грунта. Экологически безопасная. Сохранение плодородия почв.	Применима при невысоком содержании ПХБ в почве; апробирована для участков с остаточным количеством ПХБ. Длительный процесс разрушения ПХБ. Избирательность растений, деградация ПХБ происходит вблизи корневой системы.
Термическая десорбция	Используется «in situ», высокая эффективность очистки. Экстракция ПХБ из почвы посредством выпаривания. Разогрев почвы на месте через сеть скважин (средняя температура 500°C и более). Сбор выделяющихся паров и газа, очистка. Промышленная технология, на рынке более 6 лет.	Технологическое оборудование: скважины для подогрева, для отвода пара и газа, вентиляторы (компрессоры), система очистки отходящих газов. Мощный источник электроэнергии для создания и поддержания высокой температуры. Ограничение при высокой влажности почвы. Целесообразно применять при площади загрязнения от 1 га и более.
Промывка почв	Используется «ex situ». Удаление ПХБ из почвы химическими методами в реакторе с помощью реагентов. Эффективна для почв с относительно высоким содержанием ПХБ (до 5 %). Осуществляется с помощью пропана, бутана и гексана. Не требуется подогрев.	Большие объемы растворителей. Промывочные растворы должны очищаться или утилизироваться. Неприемлема для засоленных и глинистых почв. Рассматривается как предварительная ступень подготовки почв к очистке. В промышленных масштабах используется редко.
Катализируемое основанием разложение (КОР)	Используется «ex situ». Удаление ПХБ из почвы химическими методами в реакторе. Применимо для сильнозагрязненных грунтов (ПХБ – до 300 г/кг). Установка может быть стационарной или мобильной. Мощность установки 1–3 т в день. Вероятность образования диоксинов низкая. На рынке с 1992 г. Имеется ряд модификаций. Имеются установки в США, Австралии, Мексике, Испании, Чехии.	Значительные потребности щелочи (от 1 до 20 % по массе). Пожаро- и взрывоопасно. Требуется подготовка субстрата и утилизация образующегося шлама.
Химическое восстановление в газовой фазе	Используется «ex situ». Термохимическое восстановление органических соединений. Образование диоксинов и фуранов исключается. Установка может быть стационарной и мобильной. Производительность установки – около 1000 т в год. Промышленная; апробирована в Канаде, Австралии. Одобрена ЮНЕП для Словакии.	Дорогостоящая. Сложная в обслуживании – требует высококвалифицированного персонала. Многостадийная, требуется контроль и химико-аналитическое сопровождение.
Технология стеклования отходов GeoMelt	Может использоваться «in situ» и «ex situ». Остекловывание почв и осадков посредством пропускания электрического тока. В промышленных масштабах успешно применяется в США.	Большие затраты электроэнергии; возможно образование опасных побочных продуктов; стекловидный материал подлежит хранению.
Плазменная деструкция	Используется «ex situ». Технология РАСТ предназначена для плавления и витрификации токсичных отходов с получением экологически безопасных шлаков. Пригодна для очистки почв.	Дорогостоящая, большие затраты электроэнергии. Необходима очистка отходящих газов, в том числе от тяжелых металлов. Стекловидный материал подлежит хранению.
Высокотемпературное сжигание	Высокая эффективность разрушения ПХБ и других СОЗ. Универсальность метода в отношении типов отходов, относительная простота управления процессом, наличие различных конфигураций печей, стационарных и мобильных установок. На рынке более 20 лет. В промышленных масштабах используется в странах Западной Европы, США и др.	Возможно образование высокоопасных побочных продуктов, в том числе диоксинов/фуранов. Негативное отношение общественности к сжиганию отходов; возможны проблемы с выбором площадки.

Практически все технологии очистки почв разработаны в зарубежных странах; многие из них прошли не только демонстрационные испытания, но и успешно реализуются в промышленных масштабах. Наибольшие объемы загрязненного грунта очищены с помощью катализируемого основанием разложения: в начале 1990-х гг. с помощью этой технологии в США было переработано около 50 тыс. т почв, загрязненных ПХБ. В 1993–1996 гг. в результате реализации трех полномасштабных проектов в США более 15 тыс. т загрязненных почв очищено с помощью технологии стеклования отходов GeoMelt.

С помощью химического восстановления в газовой фазе в Австралии с 1995 по 2000 г. переработано около 2 тыс. т загрязненного грунта, в Канаде и Словакии – примерно по 1000 т, хотя в последние годы рыночный спрос на эту технологию отсутствует из-за слишком высоких эксплуатационных затрат [28].

Наиболее экологически безопасными считаются био- и фиторемедиация, в процессе которых не образуются побочные опасные продукты. Термические, химические и термохимические методы очистки почв сопровождаются образованием пылегазовых выбросов, твердых отходов, отработанных растворов, требующих, в свою очередь, очистки либо утилизации. Поэтому значительная часть капитальных затрат при строительстве установок по переработке ПХБ-содержащих отходов приходится на системы очистки и химико-аналитическое оборудование.

Из используемых в промышленном масштабе технологий для очистки сильнозагрязненных почв только термохимическая десорбция осуществляется на месте (без экскавации грунта), в меньшей степени остекловывание (витрификация). В большинстве же случаев процедура очистки почв включает изъятие (экскавацию) сильнозагрязненного грунта и последующую его утилизацию (обеззараживание). На месте выемки в зависимости от назначения территории и остаточных количеств ПХБ может осуществляться подсыпка чистой почвы или экранирование участка. Согласно принятым нормам в странах Евросоюза, США, остаточные количества загрязняющих веществ должны быть минимальны для территорий, предназначенных для жилой застройки, социально-культурных объектов или для выращивания сельскохозяйственной продукции. Например, остаточные количества ПХБ после экскавации загрязненного грунта должны быть менее 1 мг/кг. При концентрациях ПХБ в почве в интервале 1–10 мг/кг участок должен быть покрыт слоем чистого грунта для предотвращения или минимизации влияния на человека, инфильтрации и эрозии [13]. Для территорий производственного назначения критерии менее жесткие; в частности перекрытия грунтом не требуется.

В целом анализ существующих методов очистки почв, загрязненных ПХБ, позволяет сделать следующие выводы:

универсальных технологий очистки загрязненных территорий нет;

большинство из разработанных и используемых в мировой практике технологий (при высоких уровнях загрязнения) осуществляется с предварительной экскавацией и транспортировкой почв на специальные полигоны токсичных отходов;

очистка почв, как правило, начинается после прекращения деятельности (т.е. почвы, свободные от инженерных сооружений и подземных коммуникаций);

это лицензионный вид деятельности, предполагающий наличие квалифицированного персонала, технологического оборудования и др.;

неотъемлемым элементом очистки почв является контроль качества выполненных работ;

выбор технологии осуществляется с учетом многих факторов: характера загрязненной территории (вид использования, ценность земель, физико-географические особенности, в частности уровень грунтовых вод), особенностей загрязненного субстрата (загрязняющее вещество либо вещества, уровень загрязнения, глубина загрязнения, механический состав, содержание органического вещества и т. д.), доступности технологий и их экономических, технических и экологических показателей, наличия финансовых ресурсов и др.

Рассматривая возможности очистки почв в Беларуси, следует подчеркнуть, что технологии очистки почв «in situ» мало применимы из-за небольшой площади загрязнения, мозаичной картины загрязнения и имеющих место очень высоких концентраций ПХБ. Пока подстанции электросетей являются действующими предприятиями с характерным для них высоким напряжением и существенным ограничением пребывания на территории подстанции других лиц, помимо обслуживающего персонала. Только после демонтажа БСК возможны некоторые виды работ в их пределах. В этой ситуации наиболее эффективным способом является изъятие загрязненных грунтов, их упаковка и временное хранение для последующей деконтаминации [8, 9]. Изъятие загрязненной почвы во многих случаях может осуществляться ручным способом, позволяющим с минимальными затратами и достаточно эффективно провести работу. Это самый быстрый и надежный способ предотвращения дальнейшего распространения ПХБ, в том числе их поступления в подземные воды и другие компоненты природной среды. Дальнейшую обработку изъятых загрязненных грунтов тем или иным методом, в связи с ее высокой стоимостью, целесообразно проводить в рамках крупномасштабных программ по утилизации ПХБ-содержащих отходов.

Примеры очистки почв, загрязненных ПХБ, в Беларуси

Присоединение Республики Беларусь к Стокгольмской конвенции о СОЗ явилось значительным стимулом для развития исследований в области СОЗ и создания основ экологобезопасного управления СОЗ. В Национальном плане по выполнению обязательств по Стокгольмской конвенции определены мероприятия по изъятию наиболее загрязненных грунтов в местах утечек и разливов ПХБ (2007). В 2006 г. опубликованы Рекомендации по предотвращению загрязнения окружающей среды ПХБ [9], а в 2008 г. утверждены Правила обращения с оборудованием и отходами, содержащими ПХБ [8]. В соответствии с указанными документами, а также на основании результатов выполненных исследований на ряде подстанций Пинских, Жлобинских, Мозырских и Витебских электрических сетей, а также на подстанциях Белорусской железной дороги про-

ведены работы по очистке почв; к настоящему времени изъято и упаковано в контейнеры около 32 т загрязненного грунта.

В соответствии с [8], выемка загрязненного грунта производилась на площади визуально диагностируемых пятен плюс 10 см по периметру пятен. Глубина выемки соответствовала глубине проникновения ПХБ и составляла не менее 20 см для песчаных почв. В качестве приемлемых результатов очистки почв на территории промышленных предприятий рекомендовано считать содержание ПХБ менее 50 мг/кг. Примеры экскавации грунта приведены на рис. 5, 6.

Повторный отбор проб почв показал, что остаточные количества ПХБ составляют 0,63–3,1 мг/кг (на подстанции «Молотковичи»), 0,03–3,36 мг/кг (на подстанции «Колосово»), что свидетельствует о достаточно высокой эффективности выполненных работ.



Рис. 5. Пример выемки наиболее загрязненного грунта (глубина изъятия – 40 см, площадь – 2 м²)



Рис. 6. Вид БСК на одной из подстанций после изъятия грунта и подсыпки чистого песка (глубина изъятия – 30 см, площадь – 36 м²)

Заключение

Специфика источников и возможности поступления ПХБ в окружающую среду в результате утечек/разливов, способность ПХБ аккумулироваться в биотических компонентах и включаться в различные миграционные циклы – эти и другие факторы обусловили необходимость регулирования не только техногенных потоков ПХБ, но и принятия мер по очистке загрязненных почв. Загрязнение почв ПХБ в местах использования и хранения ПХБ-содержащего оборудования с учетом многочисленности его пользователей – типичная проблема для Беларуси. Принимая во внимание особенности загрязнения почв ПХБ в зонах локальных источников воздействия (в местах использования и хранения ПХБ-содержащего оборудования), а также учитывая опыт очистки загрязненных территорий в других странах, наиболее приемлемой мерой для улучшения экологической ситуации выбрана экскавация загряз-

ненного грунта и организация его временного хранения. При этом процедура очистки сильно загрязненных грунтов должна включать следующие виды работ: проведение детальных исследований; оценку уровня загрязнения, оконтуривание ореолов загрязнения, определение глубины проникновения ПХБ; оценку объема загрязненного грунта, подлежащего изъятию; проведение работ по изъятию наиболее загрязненной почвы, ее упаковку, маркировку контейнеров; контроль остаточного количества ПХБ в почве/грунтах; подсыпку чистого грунта (почвы) на место выбранного слоя. Последующая обработка изъятых загрязненных грунтов должна проводиться в рамках крупномасштабных программ по утилизации ПХБ-содержащих отходов, к которым относятся также жидкие ПХБ, ПХБ-содержащие конденсаторы и трансформаторы и другие ПХБ-содержащие отходы.

Литература

1. Демонстрационные испытания технологии биоремедиации «in situ» почв, загрязненных полихлорированными бифенилами / Г. А. Жариков, В. В. Капранов, Н. И. Киоелева, О. А. Крайнова и др. // Экология промышленного производства. 2002. № 3. С. 48–51.
2. **Кухарчик Т. И.** Полихлорированные бифенилы в Беларуси. Минск, 2006.
3. Микробиологическая диагностика и способ детоксикации почв, загрязненных полихлорированными бифенилами / А. С. Яковлев [и др.] // Почвоведение. 2000. № 12. С. 1515–1519.
4. Научно-методические аспекты выявления и оценки загрязнения ПХБ территорий в зонах локальных источников воздействия / Т. И. Кухарчик, В. С. Хомич, С. В. Какарека, А. В. Крылович, и др. // Природопользование. Минск, 2006. Вып. 12. С. 58–65.
5. Национальный план выполнения обязательств, принятых Республикой Беларусь по Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, на 2007–2010 годы и на период до 2028 года». Указ Президента Республики Беларусь от 12 июня 2007 г. № 271.
6. Общие технические руководящие принципы экологически обоснованного регулирования отходов, состоящих из стойких органических загрязнителей (СОЗ), содержащих их или загрязненных ими. 2005. // www.basel.int.
7. Полихлорированные бифенилы в почвах Белоруссии: источники, уровни загрязнения, проблемы изучения / Т. И. Кухарчик, С. В. Какарека, В. С. Хомич, П. В. Курман, Е. Н. Воропай // Почвоведение. 2007. № 5. С. 532–540.
8. Правила по обращению с оборудованием, материалами и отходами, содержащими полихлорированные бифенилы (Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 24 июня 2008 г. № 62).
9. Рекомендации по предотвращению загрязнения окружающей среды полихлорированными бифенилами / Т. И. Кухарчик, С. В. Какарека, В. С. Хомич. Минск, 2006.
10. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях. Опубликовано временным секретариатом Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях. UNEP, 2001.
11. **Субоч В. П., Ковалев А. А., Воропай Е. Н.** К определению содержания полихлорированных бифенилов в почве // Природные ресурсы. 2005. № 3. С. 108–118.
12. **Хакимов Ф. И., Деева Н. Ф., Ильина А. А.** Загрязнение полихлорированными бифенилами почв города Серпухова // Почвоведение. 2003. № 4. С. 493–498.
13. 40 CFR. Part 761—Polychlorinated Biphenyls (PCBs): Manufacturing, Processing, Distribution in Commerce, and Use Prohibitions. Environmental Protection Agency. USA, 2002.
14. Abstracts of Remediation Case Studies. Federal Remediation Technologies Roundtable: EPA-542-R97-010 PB97-177570 / Prepared by the Member Agencies of the Federal Remediation Technologies Roundtable. Springfield, 1997. Vol. 2.
15. Abstracts of Remediation Case Studies. Federal Remediation Technologies Roundtable: EPA-542-R95-001 / Prepared by the Member Agencies of the Federal Remediation Technologies Roundtable. Springfield, 1995. Vol. 1.
16. **Cumanova A., Gilca G., Orlova N.** The Fate of Persistent Organic Pollutants (POPs) in the Environment // The Fate of Persistent Organic Pollutants in the Environment. 2008. P. 161–171.
17. Derivation methods of soil screening values in Europe / C. Carlon, M. D'Alessandro, F. Swartjes / A review and evaluation of national procedures towards harmonization. European Commission, Joint Research Centre, Ispra, EUR 22805-EN, 2007.
18. **Francová K., Borovka R., Macek T., Macková M.** Preparation of Plants Containing Bacterial Enzymes for Degradation of PCBs // Manuscripts Presented at the Conference. 5th International Symposium and Exhibition on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe, 12–14 September 2000. CD. Prague, 2000. P. 5.
19. Inventory of World-Wide PCB Destruction Capacity. First Issue. UNEP Chemicals in co-operation with the Secretariat of the Basel Convention. 1998.
20. Inventory of World-Wide PCB Destruction Capacity. Second Issue. UNEP Chemicals. 2004.
21. **Ishankulov M.** PCB-contaminated Areas in Kazakhstan and Analysis of PC Impact on Human Health Experience // The Fate of Persistent Organic Pollutants in the Environment / Ed. E. Mehmetli, B. Koumanova / NATO Security through Science Series – C: Environmental Security – The Netherlands: Springer, 2008. P. 387–404.
22. **Komancová M., Kochánková L., Burkhard J., Demnerová K.** Biodegradation of Selected PCBs by Strain *Pseudomonas* SP. 2 // Manuscripts presented at the conference. 5th International Symposium and Exhibition on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe, 12–14 September 2000. Prague, 2000. CD. P. 5.
23. **Kukharchyk T., Kakareka S., Khomich V.** PCB-contaminated sites in Belarus: revealing, levels of pollution, problems of management // Organohalogen Compounds, Volume 70 (2008). P. 000801-000804
24. **Macek T., Kucerová P., Chromá L., Nováková H., Burkhard J., Triska J., Vrchotová N., Pazlarová J., Demnerová K., Macková M.** Natural Induction of PCBs Biodegradation by Plant Compounds Present in Root Exudates // Manuscripts Presented at the Conference. 5th International Symposium and Exhibition on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe, 12–14 September 2000. CD. Prague, 2000. P. 6.
25. **Mackova M., Chroma L., Kochánková L., Lovecka P., Demnerova K., Macek T.** Products of the Plant Metabolism of PCB // Manuscripts presented at the Conference. 6th International Symposium and Exhibition

on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe and the Commonwealth of Independent States, 1–4 September 2003, Prague. CD. 2003. P. 5.

26. **Rahaman M., Pistone L., Trifiro F., Miertus S.** Destruction Technologies for Polychlorinated Biphenyls (PCBs). Presented at the Expert Group Meeting on «Clean Technologies for the Reduction and Elimination of POPs», International Centre for Science (ICC-UNIDO), Trieste, Italy, 4–5 May 2000.

27. Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration. Integrated Pollution and Prevention Control. European Commission. 2005.

28. Reference Guide to Non-combustion Technologies to Remediation of Persistent Organic Pollutants in Stockpiles and Soil. US EPA, Solid Waste and Emergency Response, EPA-542-R-05-006. December 2005.

29. Regionally Based Assessment of Persistent Toxic Substances. Europe Regional Report / UNEP Chemicals. Geneva: Global Environment Facility, 2002.

30. **Revich B., Shelepchikov A.** Persistent Organic Pollutants (POPs) Hot Spots in Russia// The Fate of Persistent Organic Pollutants in the Environment / Ed. E. Mehmetli, B. Koumanova / NATO Security through Science Series – C: Environmental Security – The Netherlands: Springer, 2008. P. 113–126.

31. **Shelepchikov A. A., Revich B. A., Feshin D. B., Brodsky E. S., Zilnikov V. G., Sergeev O., Miha-luk N. S.** Contamination of Chicken Eggs from Different Russian Regions by PCBs and Chlorinated Pesticides. //Organohalogen Compounds Vol 68 (2006). P.1559–1962.

32. Tool Kit of Information Resources for Brownfields Investigation and Cleanup: EPA 542-B-97-001 / U.S. Environment Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response. Washington, DC, 2001.

**Институт природопользования НАН Беларуси
Институт фармакологии и биохимии НАН Беларуси**

**Т. И. Кухарчик, С. В. Какарека, В. С. Хомич, М. И. Козыренко,
П. В. Курман, Т. Л. Лапко, Д. Ю. Городецкий**

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ПОЛИХЛОРИРОВАННЫМИ БИФЕНИЛАМИ В ЗОНАХ ЛОКАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И МЕТОДЫ ИХ ОЧИСТКИ

Обобщены результаты рекогносцировочных исследований загрязнения почв полихлорированными бифенилами (ПХБ), полученные авторами в период с 2003 по 2009 г. более чем на 80 подстанциях распределительной сети. Приведены данные об уровнях загрязнения почв ПХБ в местах использования/хранения ПХБ-содержащих конденсаторов, выполнена оценка площади загрязненных участков и объемов наиболее загрязненных грунтов, подлежащих очистке. Установлено, что непосредственно на территории БСК в 29 % случаев, а в местах хранения – в 35 %, содержание ПХБ превышает 500 мг/кг – значение, при котором загрязненная почва подлежит изъятию и утилизации.

Показано, что в местах использования и хранения ПХБ-содержащего оборудования характерны экстремально высокие уровни загрязнения в местах разливов ПХБ, высокая контрастность загрязнения почв, а также малые площади загрязнения в пределах одной БСК. Ориентировочная площадь участков с содержанием ПХБ в почвах 500 мг/кг и более на обследованных подстанциях может составлять до 1000 м², а объем сильнозагрязненного грунта, подлежащий изъятию, – 350–750 т.

Проанализированы технологии очистки почв, загрязненных ПХБ, и опыт их применения в зарубежных странах. Наиболее экологически безопасными считаются био- и фиторемедиация, в процессе которых не образуются побочные опасные продукты. Термические, химические и термохимические методы очистки почв сопровождаются образованием пылегазовых выбросов, твердых отходов, отработанных растворов, требующих в свою очередь очистки либо утилизации. Большинство из разработанных и используемых в мировой практике технологий по очистке загрязненных ПХБ грунтов (при высоких уровнях загрязнения) осуществляются с предварительной их экскавацией и транспортировкой на специальные полигоны токсичных отходов и последующей их очисткой (с помощью катализируемого основанием разложения, технологии стеклования GeoMelt, химического восстановления в газовой фазе или высокотемпературного сжигания).

Показаны наиболее приемлемые методы очистки загрязненных почв в зонах локальных источников воздействия в Беларуси. В соответствии с действующими правилами, а также на основании выполненных исследований на ряде подстанций Пинских, Жлобинских, Мозырских и Витебских электрических сетей, на подстанциях Белорусской железной дороги проведены работы по очистке почв. К настоящему времени изъято и упаковано в контейнеры около 32 т загрязненного грунта.

*T. I. Kukharchik, S. V. Kakareka, V. S. Khomich, M. I. Kozyrenko,
P. V. Kurman, T. L. Lapko, D. Y. Gorodetskiy*

SOILS POLLUTION WITH POLYCHLORINATED BIPHENYLS IN ZONES OF LOCAL IMPACT AND METHODS TO PURIFY THEM

Results of reconnaissance researches of soils pollution with polychlorinated biphenyls (PCB), registered by authors for the period from 2003 to 2009 at more than 80 substations of distributive network have been generalized. Data on the levels of PCB polluted soils on places of use/storage of PCB-containing condensers have been given, estimation of the area of the polluted sites and volumes of the most polluted grounds, subject to clearing has been executed. It has been established, that directly in territory of BCC in 29 % of cases, and in storage places – in 35 %, PCB content exceeds 500 mg/kg – the value at which the polluted soil is subject to withdrawal and recycling.

It has been shown, that places of use and storage of the PCB-containing equipment are specific with extremely high levels of pollution in places of PCB spills, high contrast of soil pollution and also small areas of pollution within one BCC. Approximate area of sites with PCB content in soils 500 mg/kg and more on the surveyed substations can make up to 1000 m², and the scope of hard polluted a ground, subject to withdrawal – 350–750 m.

Technologies of PCB-polluted soils clearing and experience of their application in foreign countries have been analyzed. Most ecology-safe bio- and phyto-remediations have been considered in which process collateral dangerous products are not formed. Thermal, chemical and thermo-chemical methods of soils clearing are accompanied by dust-gas emissions formation, solid waste, processed solutions also demanding clearing or recycling. The majority of the technologies developed and used in world practice to clear PCB polluted grounds (high levels of pollution) are carried out with their preliminary excavation and transportation to special ranges of toxic waste and their subsequent purification (with the help of catalyzed basis of decomposition, technology of glass-forming GeoMelt, chemical restoration in a gas phase or high-temperature incineration).

The most comprehensible methods of the polluted soils clearing in zones of local sources of impact in Belarus have been shown. According to operation rules, and also on the basis of the executed researches on a number of substations of Pinsk, Zhlobin, Mozyr and Vitebsk power networks, on substations of the Belarus railway, activities to clear soils were done. By present time about 32 t of the polluted ground has been removed and packed into containers.

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

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ БЕРЕЗИНСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Естественное содержание микроэлементов-металлов в почвах Березинского биосферного заповедника определяется их принадлежностью к минеральным или органическим почвам, а также к различным минералогическим или геохимическим ассоциациям. Повышенные концентрации элементов приурочены к участкам конечно-моренной гряды и почвам поймы р. Березины (Fe, Ni, Cu, Ba). По сравнению с естественными почвами бывшие пахотные почвы заповедника обеднены V, Nb, Ba и Pb и обогащены Mn и Fe.

Геохимическое изучение почвенного покрова территории Беларуси проводится с середины 1960-х гг. [1, 2, 15, 16]. С 1990-х гг. основное внимание при эколого-геохимическом изучении почв было направлено на исследование урбанизированных территорий, загрязнения земель в зонах воздействия локальных источников, автомобильных дорог и сельскохозяйственных угодий [3, 5–7, 19]. Особо охраняемые природные территории рассматривались в работах [8, 10, 12–14, 18].

Результаты, изложенные в настоящей статье, получены при исследованиях почвенного покрова Березинского биосферного заповедника, выполненных по заданию 5.2 ГНТП «Экологическая безопасность» «Оптимизировать сеть научных стационаров и выполнить комплексную эколого-геохимическую оценку природных систем Березинского биосферного заповедника как территории фонового комплексного экологического мониторинга Республики Беларусь. Разработать маршруты экологического туризма» (2007–2010 гг.). В 2008–2009 гг. в рамках данного проекта проведена оценка поверхностных и метеорных вод, донных отложений рек и озер заповедника [9, 11]. Ранее (в 1980–1990 гг.) подобные исследования проводились в Институте геохимии и геофизики и Институте природопользования НАН Беларуси [2, 14].

Полевые исследования. Площадное опробование почв на территории Березинского биосферного заповедника по сети 2 × 2 км выполнено в летне-осенний период 2008–2009 гг. Всего отобрано 163 представительных образца верхнего (0–20 см) почвенного горизонта. Опробование производилось вблизи пересечения просек лесоустроительного деления с привязкой к соответствующим нумерованным столбам. Кроме того, дополнительно было отобрано 12 проб почв на бывших пашнях, в различное время выведенных из сельскохозяйственного использования, 14 проб почв на Южном геохимическом профиле, а также исследовано 12 шурфов на постоянных пробных площадках сети эколого-геохимического мониторинга. Весь комплекс работ производился в соответствии с

рекомендациями, разработанными для исследования особо охраняемых природных территорий [17].

Следует отметить, что в современных природных условиях, существующих на территории Березинского биосферного заповедника, площадной вид опробования является наиболее трудоемким. Это связано с тем, что в течение нескольких десятилетий в заповеднике последовательно проводится «политика невмешательства» в развитие природных экосистем на участках, находящихся за пределами относительно редких населенных пунктов. В результате на местности, изначально характеризующейся высокой естественной заболоченностью, ограничено количество доступных проезду автомобильного транспорта дорог, много затопленных (вследствие возведения бобровых плотин) лесов, труднопроходимых лесных просек на участках переходных болот и т. д. В этих условиях основным способом доступа полевого отряда к точкам опробования служит пешеходный маршрут. Непригодными для опробования в 2008–2009 гг. оказались залитые водой центральная часть болотного массива, расположенного к югу от оз. Домжерицкое, и ряд других низинных участков.

Аналитические работы выполнялись в лаборатории физико-химических методов БелНИГРИ (бывший Институт геохимии и геофизики НАН Беларуси) методом эмиссионного спектрального анализа по стандартным методикам [4]. Чувствительность определения микроэлементов в золах почв составляет: Be, Ti, Cu и Yb – 1 мг/кг; Co – 2; Mo – 3; Cr, Sc, Nb и Pb – 5; Ni – 8; V, Mn, Y, Sn и Zr – 10; Ba – 100; Sr и Zn – 200; Fe – <1 000 мг/кг.

Результаты площадного опробования почв по сети 2×2 км. Вследствие разнообразия почвообразующих пород и ландшафтно-геохимических условий в настоящее время на территории Березинского биосферного заповедника представлены следующие 7 основных типов почв [13]: дерново-подзолистые, дерново-подзолистые заболоченные, дерновые, торфяно-болотные низинные, торфяно-болотные переходные, торфяно-болотные верховые и аллюви-

альные. Одним из обобщенных показателей различия между ними является содержание органического вещества, выраженное через зольность, что позволяет группировать почвы как: 1) минеральные (главным образом, дерново-подзолистые и аллювиальные); 2) низинных и переходных болот; 3) верховых болот.

В табл. 1 приведены средние показатели содержания химических элементов (установленных в 100 % случаев), в почвах (0–20 см), сгруппированных по критерию содержания органического вещества. Из полученных данных следует, что по мере снижения содержания зольного компонента в выделенных группах почвенных образцов существенно снижается среднее содержание всех химических элементов. Максималь-

ные значения исследованных показателей отмечены в минеральных почвах, минимальные – в торфе верховых болот. Различия составляют: для Zr – 39,2 раза, Nb – 18,4, Ti – 15,9, Y – 12,2, Ba – 12,0, Yb – 11,4, Cr – 10,9, Mn – 9,1, Fe – 6,8, Ni – 6,7, V – 6,1, Cu – 4,2, Pb – 2,2 раза.

Полученные данные в целом согласуются с результатами эколого-геохимического изучения почв Березинского биосферного заповедника, выполненного в 1996–1997 гг. (табл. 2) [12]. Имеющиеся различия в средних величинах содержания отдельных микроэлементов, по нашему мнению, связаны с несопоставимостью объемов выборок почвенных проб, существенно меньших в последнем случае.

Таблица 1. Среднее валовое содержание металлов в минеральных почвах, торфе низинных и переходных, торфе верховых болот на территории Березинского биосферного заповедника

Почва, количество образцов	Зольность, %	Fe, %	Микроэлементы, мг/кг сухого вещества				
			Ti	V	Cr	Mn	Ni
Минеральная, $n = 105$	88,8	0,82 ¹	1380	16,1 _г	11,7	291 _г	9,1 _г
Торф низинных и переходных болот, $n = 61$	21,5 _г	0,53 _г	370 _г	10,2 _г	3,8 _г	171 _г	3,6 _г
Торф верховых болот, $n = 33$	4,9 _г	0,12 _г	87 _г	2,6 _г	1,1 _г	32 _г	1,4
Торф низинных, переходных и верховых болот, $n = 94$	12,8 _г	0,32 _г	222,3 _г	6,3 _г	2,4 _г	95 _г	2,5 _г
Почва, количество образцов	Микроэлементы, мг/кг сухого вещества						
	Cu	Yb	Y	Zr	Nb	Ba	Pb
Минеральная, $n = 105$	8,6 _г	1,1 _г	11,5 _г	313 _г	7,1	329 _г	15,1 _г
Торф низинных и переходных болот, $n = 61$	6,5 _г	0,5 _г	4,4 _г	41 _г	1,5 _г	92,9 _г	14,9 _г
Торф верховых болот, $n = 33$	2,0 _г	0,1 _г	0,9 _г	8 _г	0,4 _г	27,4	6,9
Торф низинных, переходных и верховых болот, $n = 94$	4,3 _г	0,3 _г	2,5 _г	23 _г	0,9 _г	57,1 _г	10,5 _г

¹ Средняя геометрическая величина.

Таблица 2. Среднее валовое содержание металлов в почвах Березинского биосферного заповедника по данным опробования 1996–1997 гг. [12]

Почвы, количество образцов	Микроэлементы, мг/кг сухого вещества								
	Ti	V	Cr	Mn	Ni	Cu	Zr	Ba	Pb
Дерново-подзолистые песчаные (дерново-подзолистые автоморфные) ¹ , $n = 15$	1600	25	14	376	11	6,2	–	335	21
Дерново-подзолистые песчаные (дерново-подзолистые полугидроморфные) ² , $n = 27$	1110	21	9,6	170	9,4	6,8	430	320	19
Дерновые заболоченные (дерновые полугидроморфные), $n = 17$	1040	19	7,6	340	8,2	13	–	262	26
Торфяно-болотные низинные, $n = 17$	870	16	6,9	230	6,6	12	340	210	22
Торфяно-болотные верховые, $n = 9$	98	2,7	1,2	70	1,3	2,9	–	15	4,1
Аллювиальные, $n = 18$	1700	36	25	570	11	12,1	270	280	10

¹ Двучленные. ² Одночленные.

Пространственное распределение валового содержания ряда металлов и Fe в поверхностном горизонте (0–20 см) почв заповедника отражено на картосхемах (рис. 1–3). Сопоставление указанных картосхем с топографической картой территории Березинского биосферного заповедника позволяет констатировать, что участки минимальных концентраций изученных металлов

пространственно приурочены к зонам болот. С другой стороны, естественные повышенные концентрации большинства элементов, как правило, приурочены к участкам конечно-моренной гряды с супесчаными и суглинистыми почвами, а также к пойме р. Березины (Fe, Ni, Cu, Ba). Данный вывод хорошо согласуется с результатами, приведенными в табл. 1.

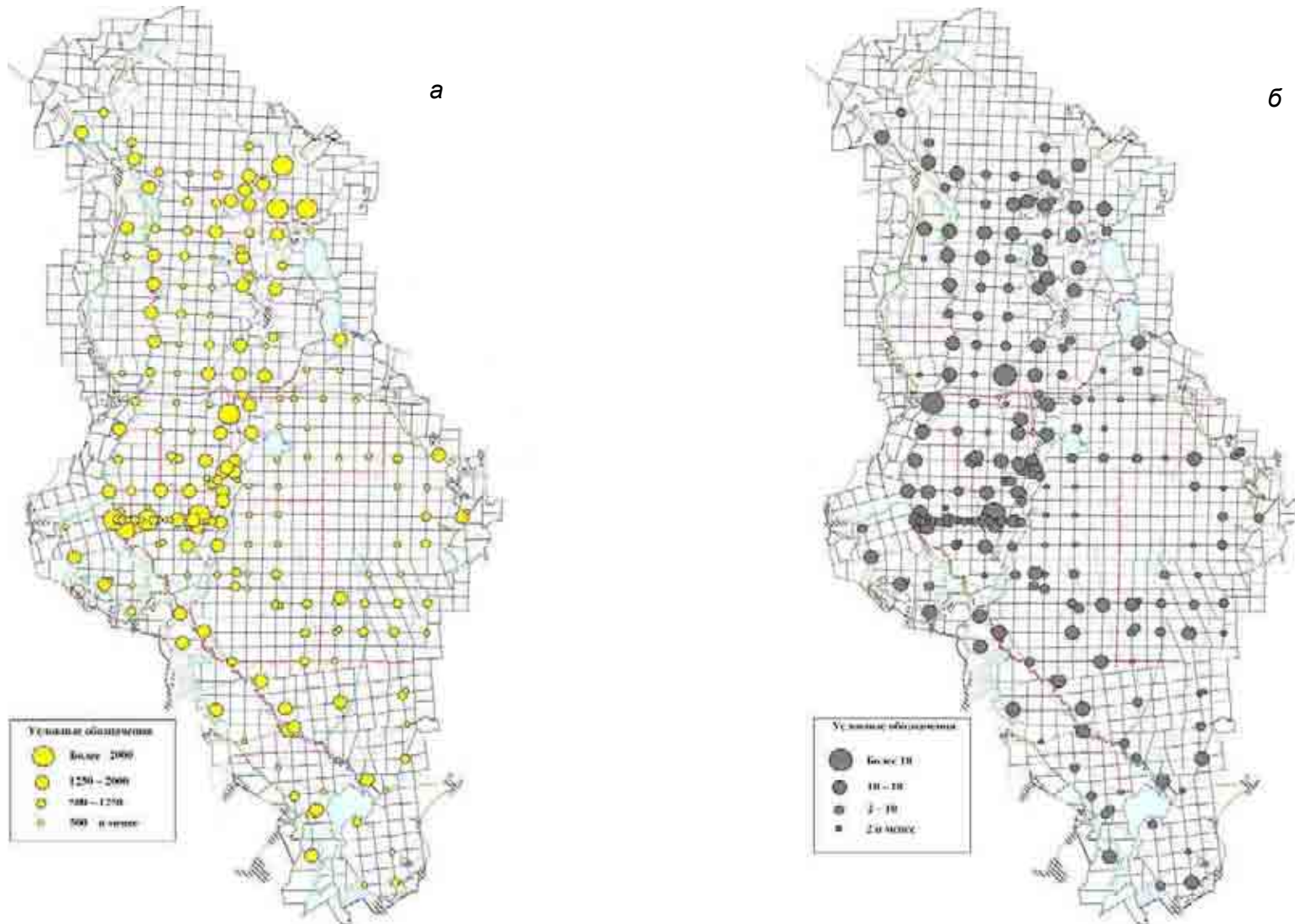


Рис. 1. Распределение валового содержания Ti (а) и Cr (б) в почвах Березинского биосферного заповедника (0-20 см), мг/кг сухого вещества

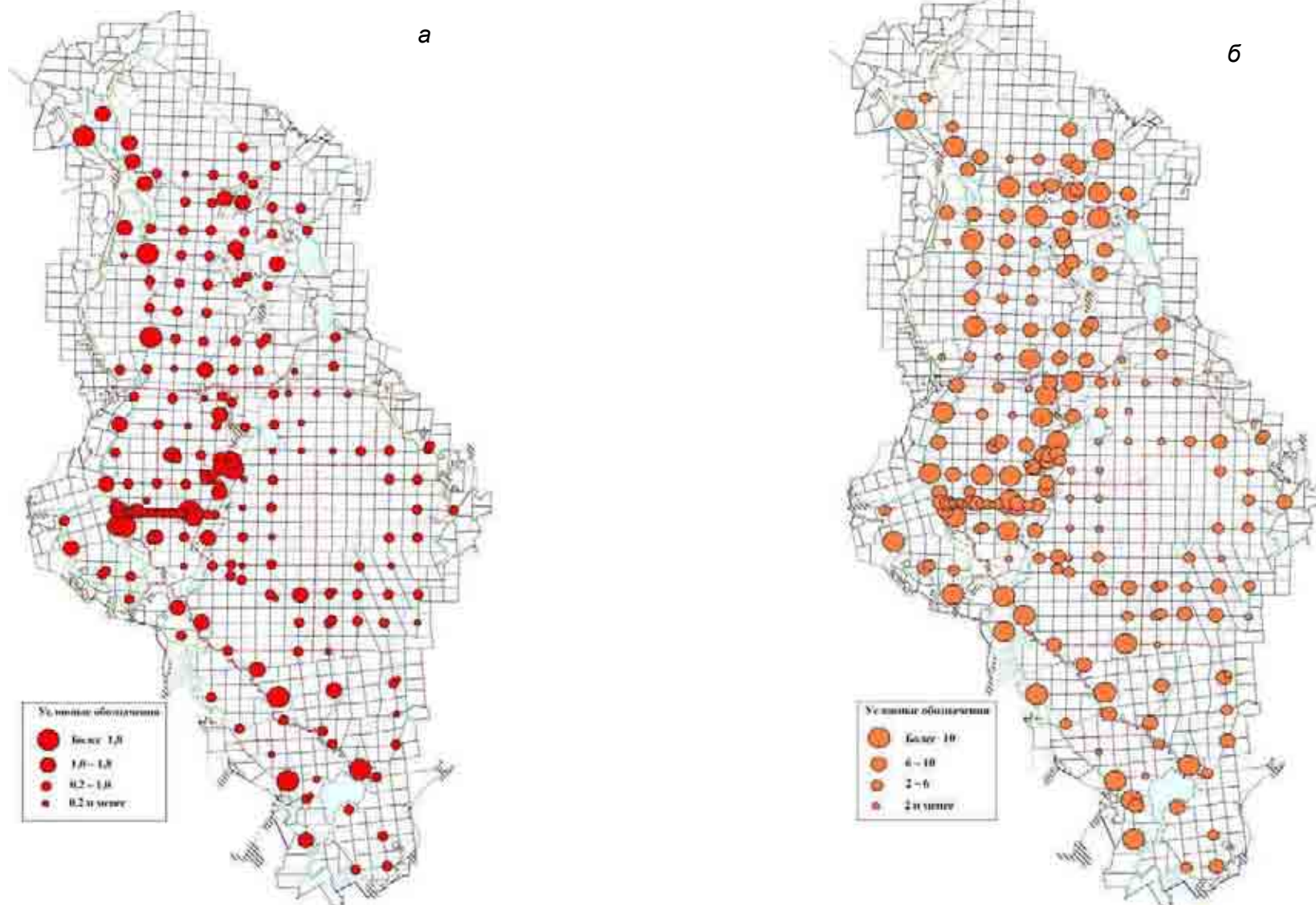


Рис. 2. Распределение валового содержания Fe (а) и Ni (б) в почвах Березинского биосферного заповедника (0–20 см), Fe – %, Ni – мг/кг сухого вещества

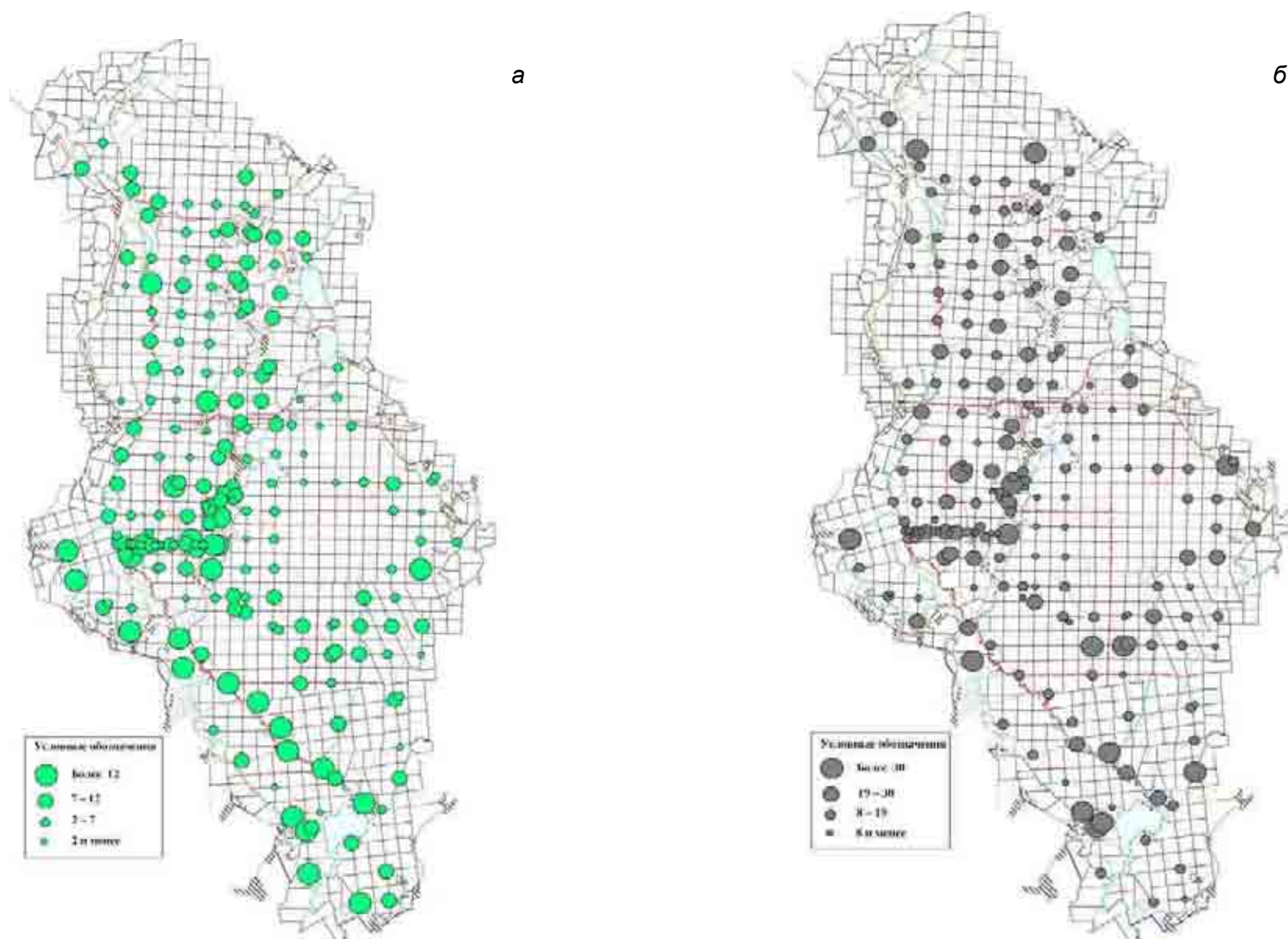


Рис. 3. Распределение валового содержания Cu (а) и Pb (б) в почвах Березинского биосферного заповедника (0-20 см), мг/кг сухого вещества

Микроэлементы в почвах пашен. Выше указывалось, что на территории Березинского биосферного заповедника опробованы 12 различных участков пашен (0–20 см почвы), в разное время выведенных из сельскохозяйственного использования (от 1 года до 20 лет). Территориально они приурочены к дд. Слобода, Беседа, Заольховье, Кадлубище, Федорки, Бедино, Ствольно, Домжерицы, Кветча, Переходцы, и к ур. Пристань. Полученные данные (табл. 3) свидетельствуют о том, что среднее содержание металлов в этих почвах незначительно отличается от соответствующих средних показателей для минеральных (дерново-подзолистых) почв, приведенных в табл. 1. В естественных почвах в 1,3–1,4 раза больше V, Nb, Ba и Pb, тогда как в бывших пахотных – в 1,4–1,6 раза выше содержание Mn и Fe.

Распределение микроэлементов по этапному геохимическому профилю. Для выявления закономерностей геохимической миграции и концентрации химических элементов в почвах сопряженных ландшафтов был заложен Южный геохимический профиль (направление запад→восток), представленный почвенными образованиями, развитыми на песчаном аллювии различного возраста, водно-ледниковых песках, песках, подстилаемых моренными суглинками (табл. 4). Располагающиеся между повышенными участками понижения характеризуются торфяно-болотными низинными почвами на торфах различного состава (древесно-разнотравные, древесно-осоково-сфагновые, древесно-осоково-разнотравные).

Таблица 3. Среднее валовое содержание металлов в естественных минеральных и пахотных почвах на территории Березинского биосферного заповедника

Почва, количество образцов	Зольность, %	Fe, %	Микроэлементы, мг/кг сухого вещества				
			Ti	V	Cr	Mn	Ni
Естественная, минеральная, $n = 105$	88,8	0,82г	1380	16,1г	11,7	291г	9,1г
Пахотная, $n = 12$	94,6	1,16г	1350	12,5г	10,1	458г	7,9г
Почва, количество образцов	Микроэлементы, мг/кг сухого вещества						
	Cu	Yb	Y	Zr	Nb	Ba	Pb
Естественная, минеральная, $n = 105$	8,6г	1,1г	11,5г	313г	7,1	329г	15,1г
Пахотная, $n = 12$	8,2г	1,0г	10,7	308г	5,5	261г	10,8г

Таблица 4. Южный геохимический профиль Березинского биосферного заповедника

№ площадки отбора	Почвенная разновидность	Растительная ассоциация
1	Аллювиальная, дерново-глеевая на мелкозернистом песчаном аллювии	Пойменный луг, осоково-канареечниково-таволговый
2	Аллювиальная, торфянисто-глеевая на связных песках	Черноольшаник березово-ивняково-осоковый
3	Полугидроморфная, дерново-подзолисто-глеевая песчаная, на древнеаллювиальных песках	Сосняк елово-мшистый
4	Торфяно-болотная низинная, торфяно-глеевая на древесно-осоково-сфагновых торфах	Сосняк елово-долгомошно-багульниковый
5	Полугидроморфная, дерново-глеевая маломощная песчаная, на связных водно-ледниковых песках	Ельник дубняково-лещиново-кисличный
6	Торфяно-болотная низинная, торфяная маломощная на древесно-осоково-разнотравных торфах	Черноольшаник кочедыжничково-тростниково-таволговый
7	Автоморфная, дерново-палево-подзолистая песчаная на мощных рыхлых древнеаллювиальных песках	Сосняк вересково-мшистый
8	Полугидроморфная, дерново-подзолистая глеевая с иллювиально-гумусовым горизонтом песчаная, на рыхлых древнеаллювиальных песках	Ельник березово-долгомошно-черничный
9	Торфяно-болотная низинная, торфяная среднечемная на древесно-осоково-разнотравных торфах	Черноольшаник папоротничково-тростниковый
10	Торфяно-болотная низинная, торфяно-перегонно-глеевая на древесно-разнотравных торфах	Ельник ольхово-папоротниковый
11	Автоморфная, дерново-палево-подзолистая песчаная, на рыхлых песках, подстилаемых моренным суглинком	Сосняк елово-мшистый
12	Автоморфная, дерново-палево-подзолистая супесчаная на рыхлой супеси, подстилаемой моренным суглинком	Сосняк елово-орляково-мшистый
13	Автоморфная, дерново-палево-подзолистая на связных песках, подстилаемых моренным суглинком	Сосняк лишайничково-мшистый
14	Торфяно-болотная низинная, торфяно-перегонно-глеевая на древесно-осоково-разнотравных торфах	Черноольшаник крапивно-кочедыжничково-таволговый

Содержание химических элементов в поверхностном почвенном горизонте на участках опробования Южного геохимического профиля представлено в табл. 5.

Для почв, образование которых в той или иной мере происходило с участием болотного процесса (пробы 4, 6, 9, 10, в меньшей степени – 2, 14), характерна пониженная зольность (6,30–53,9 %), приводящая к резкому снижению содержания химических элементов, преимущественно

связанных с минеральной составляющей почвы. Так, содержание Ti в почвах при зольности менее 15 % не превышает 360 мг/кг, тогда как в прочих минеральных почвах, как правило, составляет не менее 415 мг/кг. Аналогичная тенденция отмечена для: Cr – менее 5,2 мг/кг и более 8,4 мг/кг; Ni – менее 2,6 и более 5,5; Y – менее 3,6 и более 9,2; Zr – менее 8,5 и более 83; Nb – менее 1,5 и более 3,7; Ba – менее 28 и более 160; Yb – менее 0,5 мг/кг и более 0,8 мг/кг.

Таблица 5. Содержание химических элементов в поверхностном горизонте почв Южного геохимического профиля, мг/кг сухого вещества

№ площадки	Зольность, %	Fe, %	Микроэлементы, мг/кг сухого вещества							
			Be	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu
1	73,2	1,76	0,73	2050	29,3	14,6	622	–	8,1	10,2
2	47,2	1,18	1,42	849	44,8	9,9	175	–	3,8	9,4
3	85,7	0,29	–	514	–	8,6	73	–	6,9	6,0
4	6,3	0,19	0,06	252	5,4	3,2	17	0,6	1,3	4,1
5	61,5	0,37	–	1230	13,5	8,6	86	–	–	4,9
6	14,4	1,29	0,14	359	10,0	4,3	431	2,2	2,6	12,2
7	91,8	0,52	–	2570	12,9	16,5	138	–	7,4	7,4
8	76,9	0,46	–	1150	11,5	8,5	92	–	6,2	5,4
9	8,4	0,46	–	152	6,3	1,7	118	0,8	1,6	3,4
10	14,8	0,89	–	325	14,8	5,2	739	4,4	2,5	11,8
11	90,9	0,64	–	1820	16,4	9,1	200	–	–	6,4
12	90,2	0,90	–	1800	18,0	9,1	316	–	7,2	6,3
13	92,3	0,42	–	415	13,8	9,2	102	–	5,5	5,5
14	53,9	0,97	0,81	1240	29,6	10,8	808	4,9	6,5	16,2
№ площадки	Микроэлементы, мг/кг сухого вещества									
	Zn	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Sn	Ba	Yb	Pb
1	–	146	16,8	329	7,3	–	–	329	1,5	9,5
2	–	94,4	47,2	85	4,7	–	–	165	4,7	6,6
3	–	–	12,0	343	8,6	–	–	240	1,3	6,9
4	18,9	18,9	1,4	16	0,6	0,32	0,95	27,7	0,13	12,6
5	–	–	9,2	277	6,2	–	–	185	0,92	7,4
6	28,7	43,1	3,6	17	1,4	–	–	71,8	0,43	25,8
7	–	–	11,9	321	4,6	–	–	312	1,2	9,2
8	–	–	9,2	200	3,9	–	–	215	0,77	6,2
9	16,8	25,3	1,4	8	0,4	0,42	–	30,3	0,13	5,5
10	29,5	51,7	2,9	16	1,0	–	–	70,9	0,30	17,7
11	–	–	10,0	227	4,6	–	–	282	0,91	10,0
12	–	–	10,8	135	6,3	–	–	270	0,90	7,2
13	–	–	11,1	83	4,6	–	–	305	0,92	7,4
14	–	108	1,4	113	3,8	–	–	199	1,4	5,9

Выполненный корреляционный анализ для полной выборки ($n = 14$) показывает, что с зольностью (минеральной составляющей) статистически достоверно ($p \leq 0,002$) положительно коррелируют концентрации Ti ($r = +0,681$), Cr (+0,754), Ni (+0,917), Zr (+0,748), Nb (+0,813), Ba (+0,956), тогда как концентрации V, Mn, Fe, Cu, Y, Yb, Pb от фактора зольности фактически

не зависят (коэффициенты корреляции статистически недостоверны).

С другой стороны наблюдаются определенное парагенетическое родство и ассоциации химических элементов, обусловленные их вхождением в решетки одних и тех же породообразующих и акцессорных минералов, а также сходством геохимического поведения. В частности, отмечаются статистически взаимосвязанные пары, «ассоциации»:

Ассоциация I

Ti ($p < 0,01$): Ti – Cr (+0,849), Ti – Ni (+0,792), Ti – Zr (+0,699), Ti – Nb (+0,535, $p = 0,05$), Ti – Ba (+0,758);

Cr ($p \leq 0,002$): Cr – Ni (+0,863), Cr – Zr (+0,750), Cr – Nb (+0,685, $p < 0,01$), Cr – Ba (+0,867);

Ni ($p < 0,0005$): Ni – Zr (+0,848), Ni – Nb (+0,869); Ni – Ba (+0,945);

Zr ($p < 0,002$): Zr – Nb (+0,836), Zr – Ba (+0,756);

Nb ($p = 0,0005$): Nb – Ba (+0,806).

Ассоциация II

Fe ($p < 0,02$): Fe – V (+0,640), Fe – Mn ($r = +0,705$), Fe – Cu (+0,689);

Mn ($p < 0,0001$): Mn – Cu (+0,887);

Ассоциация III

V ($p < 0,005$): V – Y (+0,787), V – Yb (+0,896);

Y ($p < 0,0001$): Y – Yb (+0,953).

Рассмотрение приведенных статистически взаимосвязанных пар химических элементов позволяет сделать следующие выводы:

- в почвах Южного геохимического профиля закономерности распределения валовых концентраций исследованных элементов-металлов статистически достоверно определяются их принадлежностью различным минералогическим или геохимическим ассоциациям;

- распределение ассоциации I (Ti – Cr – Ni – Zr – Nb – Ba) в первую очередь зависит от доли минеральной составляющей почвы, представленной породообразующими и акцессорными минералами;

- ассоциация II только условно может быть названа «гидрооксидной», так как определенная часть Fe и Mn находится в составе решеток силикатных и прочих породообразующих минералов, с другой стороны, «подвижное» Fe – характерный типоморфный элемент болотного процесса. В рамках ассоциации наиболее выражена связь Mn – Cu, обусловленная принадлежностью Cu к так называемой группе Mn (в различных гипергенных железо-марганцевых конкреционных образованиях, вплоть до океанских);

- ассоциация III проявлена очень характерной парагенетической связью Y – Yb, ранее установленной также для донных отложений речной сети Березинского биосферного заповедника.

С учетом вышесказанного можно утверждать, что влияние глубокозалегающих материнских почвообразующих пород проявляется в поверхностном горизонте почв Южного геохимического профиля через присущие им минералогические ассоциации и корректируется на пониженных участках геохимическими особенностями протекания болотного процесса.

Выводы. В результате проведенных исследований установлено, что естественное содержание микроэлементов-металлов в почвах Березинского биосферного заповедника в первую очередь определяется их принадлежностью к минеральным или органическим почвам. Естественные повышенные концентрации большинства рассматриваемых элементов, как правило, приурочены к участкам конечно-моренной гряды

с супесчаными и суглинистыми почвами, а также к пойме р. Березины (Fe, Ni, Cu, Ba).

Результаты агротехногенного воздействия на пахотные почвы, выведенные из оборота от 20 лет до 1 года назад, в настоящее время проявляются в сглаженной форме. Полученные данные свидетельствуют о том, что среднее содержание металлов в этих почвах незначительно отличается от соответствующих средних показателей для минеральных (дерново-подзолистых) почв. В естественных почвах в 1,3–1,4 раза больше V, Nb, Ba и Pb, тогда как в бывших пахотных – в 1,4–1,6 раза выше Mn и Fe (различия могут быть связаны с большим объемом выборки и соответственно большим размахом вариации содержания этих металлов для совокупности естественных минеральных почв).

На основе изучения эталонного Южного геохимического профиля установлено, что закономерности распределения валовых концентраций исследованных элементов-металлов статистически достоверно определяются их принадлежностью различным минералогическим или геохимическим ассоциациям.

Распределение ассоциации I (Ti – Cr – Ni – Zr – Nb – Ba) в первую очередь зависит от доли минеральной составляющей почвы, представленной породообразующими и акцессорными минералами. В рамках ассоциации II (Fe – Mn – Cu) наиболее выражена связь Mn – Cu, обусловленная принадлежностью Cu к так называемой группе Mn в различных гипергенных железо-марганцевых конкреционных образованиях. Ассоциация III (V – Y – Yb) проявлена, в первую очередь, характерной парагенетической связью Y – Yb, ранее установленной также для донных отложений речной сети Березинского биосферного заповедника.

Таким образом, влияние глубокозалегающих материнских почвообразующих пород проявляется в поверхностном горизонте почв Южного геохимического профиля через присущие им минералогические ассоциации и корректируется на пониженных участках геохимическими особенностями протекания болотного процесса торфообразования.

Л и т е р а т у р а

1. Геохимические провинции покровных отложений БССР / Под ред. К. И. Лукашёва. Минск, 1969.
2. Геохимическое изучение ландшафтов Березинского биосферного заповедника / Под ред. К. И. Лукашёва. Минск, 1985.
3. Головатый С. Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах. Минск, 2002.
4. Зырин Н. Г., Обухов А. И. Спектральный анализ почв, растений и других биологических материалов. М., 1977.
5. Лукашёв В. К., Окунь Л. В. Загрязнение тяжелыми металлами окружающей среды г. Минска. Минск, 1996.
6. Лукашёв В. К., Окунь Л. В. Изучение загрязнения почв тяжелыми металлами на примере городов Белоруссии // Докл. АН БССР. 1991. Т. 35, № 11. С. 1009–1012.
7. Лукашёв В. К., Симуткина Т. Н. Особенности распределения и формы соединений микроэлементов в почвах крупного промышленного города // Почвоведение. 1984. № 4. С. 3–52.
8. Лукашёв О. В., Жуковская Н. В., Лукашёва Н. Г., Савченко С. В. Ландшафтно-геохимические особенности национального парка «Нарочанский» // Природопользование. Минск, 2008. Вып. 14. С. 48–53.
9. Лукашёв О. В., Натаров В. М., Лукашёва Н. Г., Савченко С. В. и др. Химический состав снеговых вод Березинского биосферного заповедника // Природопользование. Минск, 2010. Вып. 17. С. 63–68.
10. Лукашёв О. В., Савченко С. В., Головатый С. Е., Савченко В. В. Эколого-геохимические исследования почвенного покрова Национального парка «Браславские озера» // Природопользование. Минск, 2004. Вып. 10. С. 91–94.
11. Лукашёв О. В., Натаров В. М., Савченко В. В. и др. Эколого-геохимическое состояние поверхностных вод и речных отложений на территории Березинского биосферного заповедника // Природопользование. Минск, 2009. Вып. 15. С. 79–87.
12. Натаров В. М. Итоги комплексного геохимического мониторинга в Березинском биосферном заповеднике // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования. Минск, 2006. Вып. 1. С. 111–132.
13. Натаров В. М. Почвы Березинского биосферного заповедника. Минск, 2007.
14. Натаров В. М., Ставровский Д. Д., Вадковская И. К., Кадацкий В. Б. и др. Эколого-геохимическая оценка природных комплексов Березинского заповедника // Природопользование и охрана окружающей среды: Материалы совещ. Минск, 1998. С. 64.
15. Петухова Н. Н., Кузнецов В. А. Геохимическое состояние почвенного покрова Беларуси // Природные ресурсы. 1999. № 4. С. 40–49.
16. Петухова Н. Н. Геохимия почв Белорусской ССР. Минск, 1987.
17. Савченко В. В., Натаров В. М. Рекомендации по организации и ведению геохимических наблюдений на стационарах комплексного экологического мониторинга фонового ранга / Под ред. А. И. Лучкова. Минск, 1999.
18. Савченко С. В. Эколого-геохимическое изучение пойменных почв р. Березины в Березинском биосферном заповеднике // Природные ресурсы. 1999. № 2. С. 128–137.
19. Хомич В. С., Какарека С. В., Кухарчик Т. И. Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси. Минск, 2004.

**Институт природопользования НАН Беларуси,
Белорусский государственный университет,
Березинский биосферный заповедник**

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

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ БЕРЕЗИНСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

В результате проведенных исследований установлено, что естественное содержание микроэлементов в верхнем горизонте почв зависит от типа почвы и содержания в ней органической составляющей. Естественные повышенные концентрации рассматриваемых элементов приурочены к участкам конечно-моренной гряды с супесчаными и суглинистыми почвами, а также к пойме р. Березины (Fe, Ni, Cu, Ba). Исследование почв, ранее используемых под пашню, свидетельствует о том, что среднее содержание металлов в них незначительно отличается от соответствующих средних показателей для дерново-подзолистых почв. В естественных почвах в 1,3–1,4 раза больше V, Nb, Ba и Pb, в бывших пахотных – в 1,4–1,6 раза выше Mn и Fe.

На основе изучения эталонного Южного геохимического профиля установлено, что закономерности распределения валовых концентраций исследованных элементов-металлов статистически достоверно определяются их принадлежностью различным минералогическим или геохими-

ческим ассоциациям. Выделено три ассоциации элементов. Первая ассоциация ($Ti - Cr - Ni - Zr - Nb - Ba$) зависит от доли минеральной составляющей почвы, представленной породообразующими и акцессорными минералами. Во второй ассоциации, представленной $Fe - Mn - Cu$, наиболее выражена связь $Mn - Cu$, обусловленная принадлежностью Cu к так называемой группе Mn в различных гипергенных железо-марганцевых конкреционных образованиях. Третья ассоциация ($V - Y - Yb$) проявляется, в первую очередь, в парагенетической связи $Y - Yb$.

Влияние глубокозалегающих материнских почвообразующих пород проявляется в поверхностном горизонте почв через минералогические ассоциации и корректируется на пониженных участках геохимическими особенностями протекания болотного процесса торфообразования.

O. V. Lukashyov, V. M. Natarov, N. G. Lukashyova S. V. Savchenko

TRACE ELEMENTS IN SOILS OF BEREZINSKIY BIOSPHERIC RESERVE

Researches resulted in the fact that natural content of trace elements in the top horizon of soils depends on type of soil and organic component content in it. The natural enhanced concentration of the elements considered are compared to sites of final-moraine ridges with sandy and loamy soils, and also to the river flood-plain of Berezina (Fe, Ni, Cu, Ba). Research of soils, used before as arable land, testifies that an average metals content in them slightly differs from corresponding average indexes for sod-podzolic soils. In natural soils content of V, Nb, Ba and Pb is 1,3–1,4 times higher, in former arable – 1,4–1,6 times Mn and Fe .

On the basis of studying of a reference Southern geochemical profile it is established, that laws of distribution of total concentration of the investigated elements-metals are statistically authentically defined by their belonging to various mineralogical or geochemical associations. Three associations of elements have been marked. The first association ($Ti - Cr - Ni - Zr - Nb - Ba$) depends on a share of the mineral making soil presented by rock forming and accessing minerals. In the second association presented with $Fe - Mn - Cu$, c the $Mn - Cu$ link, caused by belonging of Cu to so-called group of Mn in various hypergenic iron-manganese concretion formations is most expressed. The third association ($V - Y - Yb$) is shown, first of all, in paragenetic relation $Y - Yb$.

Influence of deep-laying parent soil forming rocks has been shown in surface horizon of soils through mineralogical associations and is corrected on the lowered sites by geochemical features of mire peat formation process.

Г. И. Марцинкевич, И. И. Счастливая, Н. В. Гагина, В. А. Бакарасов, И. П. Усова

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛАНДШАФТОВ ПРОБЛЕМНЫХ РЕГИОНОВ БЕЛАРУСИ

Представлены новые научные результаты исследований по проблеме антропогенной трансформации ландшафтов (АТЛ) под влиянием хозяйственной деятельности в границах проблемных регионов Беларуси – Поозерской и Полесской провинций. С помощью впервые составленных для этой территории карт выявлено пространственное распространение типов и видов АТЛ и проведена оценка степени их трансформации. Установлено, что в Полесской провинции преобладают ландшафты средней (48,3 %) и высокой (34,1 %), в Поозерской – высокой (49,1 %) и средней (34,1 %) степени АТЛ. Полученные материалы легли в основу карт прикладного районирования, отражающих внутрипровинциальные различия характера и степени АТЛ.

Проблемным регионом принято называть территорию с неблагоприятной социальной, экономической или экологической ситуацией. В официальных документах Беларуси такой термин впервые использован в «Основных направлениях социально-экономического развития Республики Беларусь на 1996-2000 годы». В этом документе, наряду с другими проблемными территориями, названы два крупных региона – Белорусское Поозерье и Белорусское Полесье. Ввиду неопределенности их рубежей, в нашем исследовании указанные регионы изучались в границах ландшафтных провинций.

Полесская провинция – обширный природный регион, расположенный на юге республики и занимающий 28 % ее площади. Он отличается высокой заболоченностью и лесистостью, особыми климатическими, гидрологическими, геоморфологическими, почвенными, флористическими, фаунистическими и ландшафтными особенностями, что в совокупности предопределяет природную уникальность территории, играющей большую роль в обеспечении экологической устойчивости не только прилегающих государств, но и всей Европы. Белорусское Полесье выделяется крупными экологическими проблемами, вызванными хозяйственной деятельностью человека и обусловленными рядом факторов. Важнейшие из них – негативные последствия широкомасштабной осушительной мелиорации заболоченных земель, нерациональное сельскохозяйственное использование осушенных земель и загрязнение территории в результате Чернобыльской катастрофы. Все это способствовало формированию глубоко трансформированных природно-антропогенных ландшафтов, требующих детального исследования и оценки их состояния [3].

Для оценки АТЛ выполнено экологическое ранжирование их земель по степени антропогенного воздействия с присвоением соответствующих весовых коэффициентов (табл. 1) и опреде-

лены средневзвешенные баллы АТЛ каждого ландшафтного контура, методические приемы расчета которых описаны в [2]. Затем с помощью пятиуровневой шкалы (табл. 2) осуществлена группировка контуров по степени антропогенной трансформации, а процентное соотношение групп земель использовалось как основа для выделения типов и видов АТЛ.

Типы последних обособлялись по направленности хозяйственной деятельности человека в определенной отрасли народного хозяйства, виды – с учетом доминантных групп земель внутри контура. Расчеты и пространственное распределение полученных результатов проводились с использованием программного продукта ArcGIS 9.2. Отметим, что оценка АТЛ Полесской провинции выполнена без учета радиационного загрязнения этой территории.

В результате выяснено, что под влиянием хозяйственной деятельности в пределах Полесской провинции сформировались лесохозяйственный (31,5 %), агромелиорированный (20 %), сельскохозяйственный (8,5 %) типы АТЛ. Однако при анализе количественных данных по структуре земельных угодий внутри каждого ландшафтного контура обнаружено, что во многих из них есть свидетельства как сельскохозяйственного, так и лесохозяйственного использования. Поэтому в пределах Полесья выделен еще один – смешанный тип АТЛ – сельскохозяйственно-лесной, представленный на 40 % территории и выступающий в качестве господствующего. Структура земельных угодий для каждого типа АТЛ существенно различается в зависимости от местоположения того или иного выдела и его природно-ландшафтных особенностей. Нами произведена группировка контуров со сходной структурой земельных угодий внутри каждого типа, в результате чего выделено 16 видов АТЛ, распространение которых приведено на рис. 1. Названия видов АТЛ даны с учетом доминантных земельных угодий.

Таблица 1. Экологическое ранжирование земель по степени антропогенного воздействия

Степень антропогенного воздействия	Значения весового коэффициента	Группа земель
Очень высокая	5	Населенных пунктов, транспорта
Высокая	4	Мелиоративных объектов
Средняя	3	Сельскохозяйственных угодий
Низкая	2	Лесопокрываемых земель, аквальных комплексов
Очень низкая	1	Болот

Таблица 2. Шкала оценки антропогенной трансформации ландшафтов

Показатель	Градация степени АТЛ				
	минимальная	низкая	средняя	высокая	максимальная
Степень АТЛ	1,0–1,5	1,6–2,0	2,1–2,5	2,6–3,0	3,1–3,6

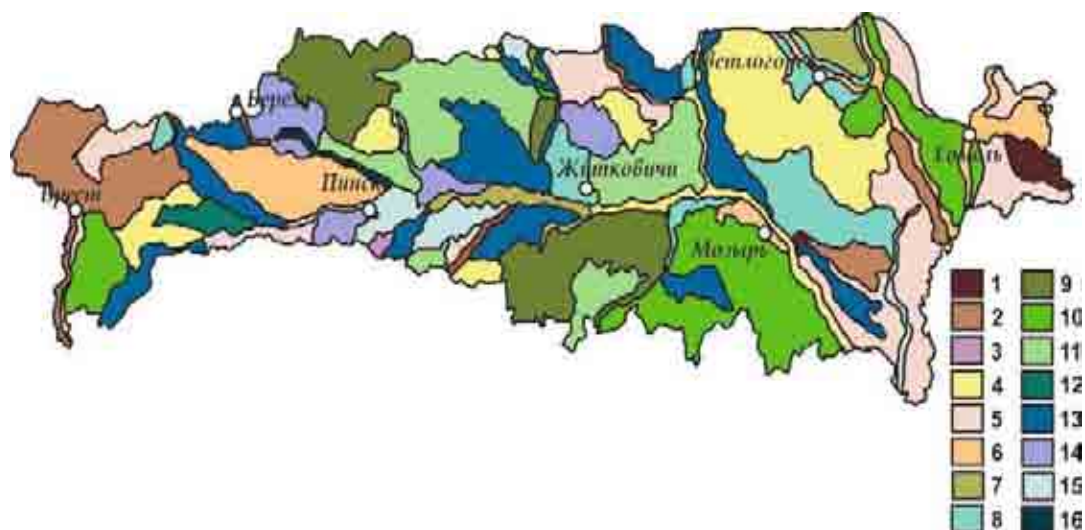


Рис. 1. Пространственное распределение видов АТЛ Полесской провинции.

Виды АТЛ: 1 – аграрный; 2 – селитебно-аграрный; 3 – болотно-аграрный; 4 – аграрно-лесной; 5 – лесоаграрный; 6 – селитебно-лесоаграрный; 7 – лесоболотно-аграрный; 8 – аграрно-болотно-лесной; 9 – лесоболотный; 10 – лесохозяйственный; 11 – болотно-лесной; 12 – аграрно-болотный; 13 – лесо-агромелиорированный; 14 – лесоболотно-агромелиорированный; 15 – агро-мелиорированный; 16 – селитебно-болотно-аграрный

Сельскохозяйственно-лесной тип трансформации является главенствующим на территории Полесья, занимает 40 % ее площади, приурочен преимущественно к вторично-моренным, моренно-зандровым, аллювиальным террасированным ландшафтам и включает 5 видов АТЛ – аграрно-лесной, лесо-аграрный, селитебно-лесоаграрный, лесоболотно-аграрный, аграрно-болотно-лесной. Максимальное распространение получили 2 вида (аграрно-лесной и лесо-аграрный), на долю которых приходится 58 % территории типа, аграрно-болотно-лесной представлен на 17 %, остальные 2 вида АТЛ занимают по 5 %. Структура земельных угодий в видах сельскохозяйственно-лесного типа АТЛ характеризуется следующими особенностями (табл. 3). Площадь сельскохозяйственных угодий изменяется от 35 % в аграрно-болотно-лесном виде до 56,7 % в лесоаграрном, лесов – от 35–40 % в большин-

стве видов до 53–58 % в аграрно-лесном и аграрно-болотно-лесном видах, населенных пунктов от 2,7–5,0 % в 4 видах до 11 % в селитебно-лесоаграрном.

Лесохозяйственный тип трансформации представлен на 31,5 % территории провинции, распространен в ее центральной части и тяготеет преимущественно к озерно-аллювиальным, аллювиальным террасированным и озерно-болотным ландшафтам.

В пределах этого типа выделено 3 вида АТЛ – лесоболотный, лесной, болотно-лесной, каждый из которых занимает от 29 до 39 % площади типа. Структура земельных угодий простая: леса, в том числе заболоченные, распространены на 69 %, сельскохозяйственные угодья – на 18–25 %. Совсем невелик удельный вес населенных пунктов – они занимают 2–3,7 % площади вида.

Таблица 3. Структура земель в границах видов АТЛ Полесской провинции

Вид АТЛ	Площадь земель, %				
	сельскохозяйственные угодья, в т.ч. осушенные	леса, в т.ч. заболоченные	болота	населенные пункты и дороги	аквальные ландшафты
Аграрно-лесной	38,0	53,3	2,2	3,5	3,0
Лесоаграрный	56,7	35,5	1,5	5,1	1,5
Селитебно-лесоаграрный	45,0	39,5	1,0	11,0	3,5
Лесоболотно-аграрный	47,2	35,6	12,2	2,7	2,3
Аграрно-болотно-лесной	35,3	58,6	1,8	3,5	0,8
Лесоболотный	18,0	69,5	9,5	2,0	1,0
Лесной	25,5	69,2	0,6	3,0	1,7
Болотно-лесной	23,2	69,5	2,6	3,7	1,0
Аграрно-болотный	41,0	15,9	38,4	2,6	2,1
Лесоаграрный на осушенных землях	54,7	37,0	3,2	4,1	1,0
Аграрно-лесоболотный	36,1	47,8	11,2	3,4	1,5
Аграрный на осушенных землях	69,8	14,7	9,3	5,7	0,5
Селитебно-болотно-аграрный	58,6	8,8	20,6	10,6	1,4
Аграрный	75,2	17,9	2,5	4,3	0,1
Селитебно-аграрный	66,8	13,2	6,0	13,0	1,0
Болотно-аграрный	57,8	19,8	15,2	4,0	3,2

Агромелиорированный тип трансформации распространен на 20 % площади Полесского региона, сформировался в пределах озерно-болотных ландшафтов и содержит 5 видов АТЛ – аграрно-болотный, лесоаграрный на осушенных землях, аграрно-болотный, аграрный на осушенных землях, селитебно-болотно-аграрный. Господствуют ландшафты лесоаграрного вида трансформации (57,8 % площади типа), удельный вес площади остальных видов колеблется в пределах от 1,8–4,6 % до 14,6–21,2 %. В структуре земельных угодий доминируют сельскохозяйственные угодья на осушенных землях, доля которых колеблется от 36–41 % в ландшафтах аграрно-болотного вида АТЛ, увеличиваясь до 55–58,6 % – лесоаграрного и селитебно-болотно-аграрного и достигая 69,8 % в комплексах аграрного вида АТЛ. Заметную роль в этом типе играют леса и естественные болота, на долю которых приходится 30–59 %. Достаточно высок удельный вес земель, занятых населенными пунктами – от 2,6–5,67 % в большинстве ландшафтов до 11,2 % в комплексах селитебно-болотно-аграрного вида АТЛ.

Сельскохозяйственный тип трансформации имеет ограниченное распространение (8,5 % площади региона), приурочен к вторично-мореным, реже аллювиальным террасированным ландшафтам и включает 3 вида – селитебно-аграрный, аграрный и болотно-аграрный, первый из которых является доминирующим, занимая немногим более 88 % площади типа. В структуре земель господствуют сельскохозяйственные угодья, удельный вес которых колеблется от 57,8 до 75 %. Леса распространены фрагментарно, их площади невелики – 13,2–20 %. Доля земель, занятых населенными пунктами и дорогами, составляет от 4 до 13 %.

В результате проведенных исследований появилась возможность оценить степень АТЛ Полесского региона и составить оценочную карту (рис. 2), которая позволила выяснить, что почти половина территории Белорусского Полесья (48,3 %) подвержена средней степени трансформации и еще третья часть (34,1 %) – высокой. Территории с минимальной и низкой степенью АТЛ занимают всего 8,8 % и столько же – с максимальной [4].

Если говорить о типах АТЛ, то их показатели укладываются в трехбалльную градацию (низкая – средняя – высокая) степени трансформации.

Низкая степень АТЛ характерна для сельскохозяйственного типа, средняя – для сельскохозяйственно-лесного, высокая – для агромелиорированного и сельскохозяйственного. Однако оценка видов вскрывает более сложную картину распространения оценочных баллов. Так, в сельскохозяйственном типе с общим низким баллом трансформации есть выделы со средней (лесной вид) и даже минимальной степенью АТЛ (лесоболотный вид). В сельскохозяйственно-лесном типе трансформации (средняя степень) встречаются виды с высокой степенью АТЛ (селитебно-лесоаграрный); в сельскохозяйственном (высокая степень) – виды с максимальной степенью АТЛ (селитебно-аграрный) [4].

Полученные материалы позволили произвести прикладное районирование территории провинции с учетом структуры ландшафтов, степени их трансформации, характера типов и видов АТЛ. В результате составлена карта районирования (рис. 3), послужившая основой для регионального анализа территории, результаты которого приведены ниже.



Рис. 2. Оценка антропогенной трансформации ландшафтов Полесской провинции. Степень АТЛ: 1 – минимальная; 2 – низкая; 3 – средняя; 4 – высокая; 5 – максимальная



Рис. 3. Районирование Белорусского Полесья по степени антропогенной трансформации ландшафтов. Районы АТЛ: 1 – Брестский район; 2 – Белозерско-Лунинецкий район; 3 – Ганцевичский район; 4 – Солигорско-Столинский район; 5 – Припятский район; 6 – Светлогорско-Ельский район; 7 – Гомельско-Мозырский район

Брестский район высокой и максимальной трансформации расположен в западной части региона, занимает 9,9 % его площади и приурочен к равнинам (Высоковской, Пружанской, Малоритской) Брестского Полесья. В структуре видов АТЛ господствуют селитебно-аграрные (59,7 %) и лесоаграрные (19,3 %). Это единственный район, где около 40 % земель характеризуются максимальной и 43 % территории – высокой степенью трансформации.

Белозерско-Лунинецкий район высокой трансформации находится в западной части провинции, занимает 8,1 % ее территории и включает равнину Загородье и озерно-аллювиальные низины Брестского Полесья. Среди видов АТЛ более половины территории (51,2 %) занято селитебно-лесо-аграрными, 23,6 % – лесо-аграрными мелиорированными. На 75 % территории района распространены земли с высокой степенью трансформации, на 25 % – со средней степенью АТЛ.

Ганцевичский район средней трансформации занимает 12,0 % территории провинции, расположен в северо-западной ее части в пределах

низин Припятского Полесья. Среди видов АТЛ господствуют болотно-лесные (44,4 %) и лесоболотные (29,7 %). Подавляющие площади земель в районе (69 %) характеризуются средней степенью антропогенной трансформации.

Солигорско-Столинский район средней и высокой трансформации занимает 20,4 % территории и расположен в центральной части Припятского Полесья. Структура видов АТЛ характеризуется большим разнообразием, но выделяются лесоболотно-аграрные мелиорированные, занимающие 32 % территории, и лесоболотно-аграрные (19,1 %). Каждый из 9 остальных видов представлен небольшими фрагментами (2,6–13 %). В целом на 46 % территории района распространены земли высокой, на 45 % – низкой степени трансформации.

Припятский район низкой трансформации занимает 6 % площади Полесья и расположен в южной его части. Структура видов АТЛ представлена лесоболотными (76,5 %) и болотно-лесными (20,1 %). Подобная направленность хозяйственной деятельности сказалась на оценке степени АТЛ: 76 % площади района оцениваются

как земли низкой трансформации и 24 % – как минимальной. Этому способствует особый режим территории – здесь расположен Припятский национальный парк.

Светлогорско-Ельский район средней трансформации располагается на востоке региона, тянется от северной его границы до южной и лежит в пределах низин восточной части Припятского Полесья и равнин Мозырского Полесья. Выделяется самой большой площадью, занимая почти 27 % территории провинции. Для района характерны высокий уровень разнообразия видов АТЛ, среди которых преобладают аграрно-лесные (33,1 %) и лесные (27,9 %) и очень простая структура степени АТЛ: 90 % его территории занято землями средней и 10 % – высокой антропогенной трансформации.

Гомельско-Мозырский район высокой трансформации ландшафтов располагается вдоль восточной границы Белорусского Полесья, занимает 16,7 % его территории и находится преимущественно в пределах равнин и низин Гомельского Полесья. Структура видов АТЛ отличается большим разнообразием, но наиболее широко представлены лесоаграрные (42,3 %) и селитебно-лесоаграрные (15,5 %).

Природные комплексы **Поозерской провинции** отличаются молодостью форм ледникового рельефа, морфогенетическим разнообразием, высокой озерностью и экологической уязвимостью к интенсивному антропогенному воздействию. В пределах региона широко распро-

странены озерно-ледниковые, моренно-озерные, холмисто-моренно-озерные ландшафты, встречаются участки камово-моренно-озерных, водно-ледниковых с озерами, нерасчлененные комплексы с преобладанием болот и речных долин. Антропогенная трансформация ландшафтов обусловлена совокупностью как исторических и социально-экономических факторов развития общества, так и пригодностью условий самих ландшафтов для различных видов хозяйственной деятельности.

В результате хозяйственного освоения в регионе сформировалось 3 типа и 11 видов АТЛ (рис. 4). Преобладает сельскохозяйственно-лесной тип трансформации, распространенный на 51,7 % площади, доли сельскохозяйственного и лесохозяйственного типов примерно равны и составляют 24,6 % и 23,7 % соответственно [1].

Сельскохозяйственный тип характерен для моренно-озерных ландшафтов, реже встречается в холмисто-моренно-озерных, камово-моренно-озерных, озерно-ледниковых. По соотношению угодий в пределах этого типа выделены селитебно-аграрный, аграрный и аквально-аграрный виды АТЛ.

Среди видов АТЛ наибольшее распространение получил селитебно-аграрный, в пределах которого наиболее значительно трансформированы моренно-озерные ландшафты. На долю сельскохозяйственных угодий здесь в среднем приходится 64 % площади, населенных пунктов – 12,5 %, лесами и болотами занято 22,7 % (табл. 4).

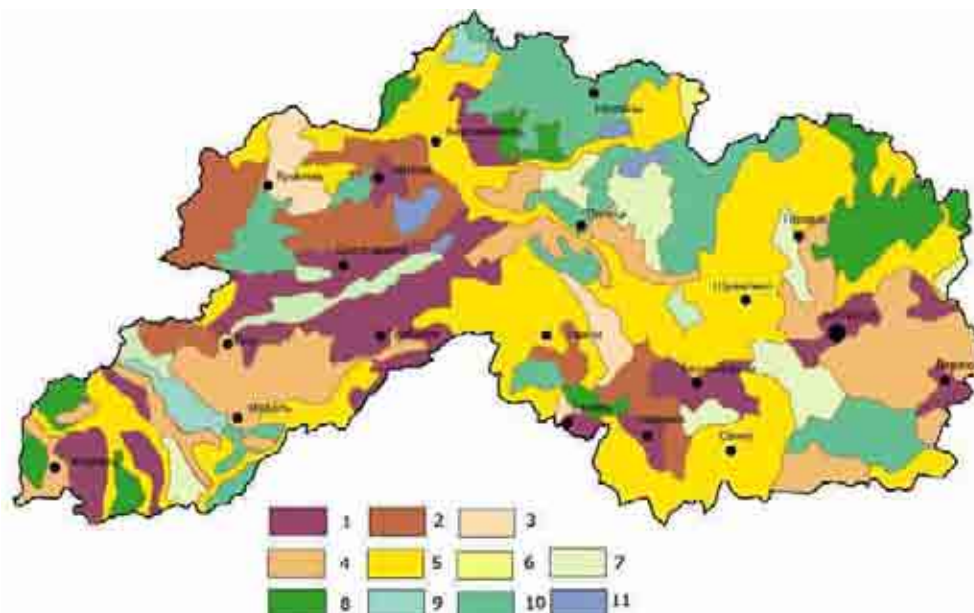


Рис. 4. Территориальное распределение видов АТЛ Поозерской провинции.
Виды АТЛ: 1 – селитебно-аграрный; 2 – аграрный; 3 – аквально-аграрный; 4 – селитебно-лесоаграрный; 5 – лесоаграрный; 6 – аквально-лесоаграрный; 7 – лесоболотно-аграрный; 8 – лесной; 9 – аквально-лесной; 10 – лесоболотный; 11 – болотный

Таблица 4. Структура земель в пределах видов АТЛ Поозерской провинции

Вид АТЛ	Площадь земель, %				
	Населенные пункты и дороги	Сельскохозяйственные угодья	Аквальные комплексы	Леса, включая заболоченные	Болота
Селитебно-аграрный	12,5	64,0	0,8	20,8	1,9
Аграрный	6,2	63,6	2,7	25,8	1,7
Аквально-аграрный	6,5	56,2	18,0	17,1	2,2
Селитебно-лесоаграрный	10,2	48,2	2,1	38,5	1,0
Лесоаграрный	6,7	47,8	3,1	40,5	1,9
Аквально-лесоаграрный	1,9	47,8	11,1	23,7	15,5
Лесоболотно-аграрный	5,8	37,7	2,4	45,2	8,9
Лесной	2,9	22,3	1,4	71,9	1,5
Аквально-лесной	3,8	17,2	23,0	49,0	7,0
Лесоболотный	4,3	18,0	2,8	61,9	13,0
Болотный	0,5	5,9	3,3	30,4	59,9

Сельскохозяйственно-лесной тип трансформации распространен повсеместно, но наиболее характерен для холмисто-моренно-озерных, камово-моренно-озерных и озерно-ледниковых ландшафтов. Характерной чертой холмисто-моренно-озерных и камово-моренно-озерных ландшафтов является мелкоконтурность и мозаичность сочетания небольших по площади сельскохозяйственных угодий с мелкомассивными лесными участками, озерами и хуторской системой расселения. В пределах типа выделены селитебно-лесоаграрный, лесоаграрный, аквально-лесоаграрный виды трансформации, среди которых наиболее распространен лесоаграрный. Сельскохозяйственная освоенность ландшафтов с этими видами АТЛ составляет около 48 %, расселенческая освоенность имеет значительные различия – от 10,2 % площади земель населенных пунктов в пределах селитебно-лесоаграрного вида до 1,9 % таких земель в ландшафтах с аквально-лесоаграрным видом трансформации. В результате осушения значительных площадей болотных массивов сформировался лесоболотно-аграрный вид трансформации ландшафтов, на долю сельскохозяйственных угодий здесь приходится 37,7 % площади.

Экологические проблемы АТЛ сельскохозяйственно-лесного типа связаны с мелиоративной преобразованностью отдельных болотных массивов, с относительно высокой сельскохозяйственной освоенностью земель в Национальных парках «Браславские озера» и «Нарочанский».

Лесохозяйственный тип трансформации сформировался преимущественно в северной части региона в границах водно-ледниковых, болотных, озерно-ледниковых ландшафтов. Водно-ледниковые и озерно-ледниковые ландшафты характеризуются низким плодородием почв с легким гранулометрическим составом, слабой дренированностью. Формирование лесных угодий является наиболее оптимальным направлением их хозяйственного использования. Лесные и болотные массивы занимают центральную часть ландшафтов, а сельскохозяйственные земли образуют небольшую периферийную зону. В пределах типа выделены лесной, аквально-

лесной, лесоболотный, болотный виды трансформации, среди которых преобладает лесоболотный вид. Для ландшафтов с этими видами трансформации характерна низкая расселенческая и сельскохозяйственная освоенность территории. Удельный вес селитебных земель не превышает 4,3 %, а сельскохозяйственных – 22,3 %, наибольшая доля лесопокрытых земель составляет 71,9 %, болот – 59,9 % площади. Экологические проблемы ландшафтов с лесохозяйственным типом трансформации связаны с осушением болотных массивов на отдельных участках.

Всего в пределах провинции выделено 5 степеней трансформации – от минимально низкой до максимально высокой (рис. 5). Минимально трансформированы ландшафты болотного вида АТЛ; низкая степень характерна для ландшафтов лесоболотного вида; средняя степень – для ландшафтов аквально-лесного, лесного, лесоболотно-аграрного, аквально-лесоаграрного видов; высокая степень – для ландшафтов лесоаграрного, аквально-аграрного, селитебно-лесоаграрного, аграрного; максимальную степень трансформации имеют ландшафты селитебно-аграрного вида АТЛ. Ландшафты с минимальной степенью трансформации расположены в северо-западной и северной частях провинции, их площадь составляет 1,1 %. Низкая степень трансформации характерна для ландшафтов, расположенных на севере провинции, с долей площади равной 11,5 %. Ландшафты средней степени трансформации занимают 34,1 % и территориально представлены на северо-востоке, юго-востоке, юго-западе и в центральной части провинции. Площадь ландшафтов с высокой степенью трансформации составляет 49,1 %, они встречаются на всей территории, за исключением ее северной части. Ландшафты, имеющие максимально высокую степень трансформации, занимают 4,2 % площади и распространены преимущественно в центральной части.

В границах Поозерской провинции выделено 6 районов (рис. 6), характеристика которых приведена ниже.

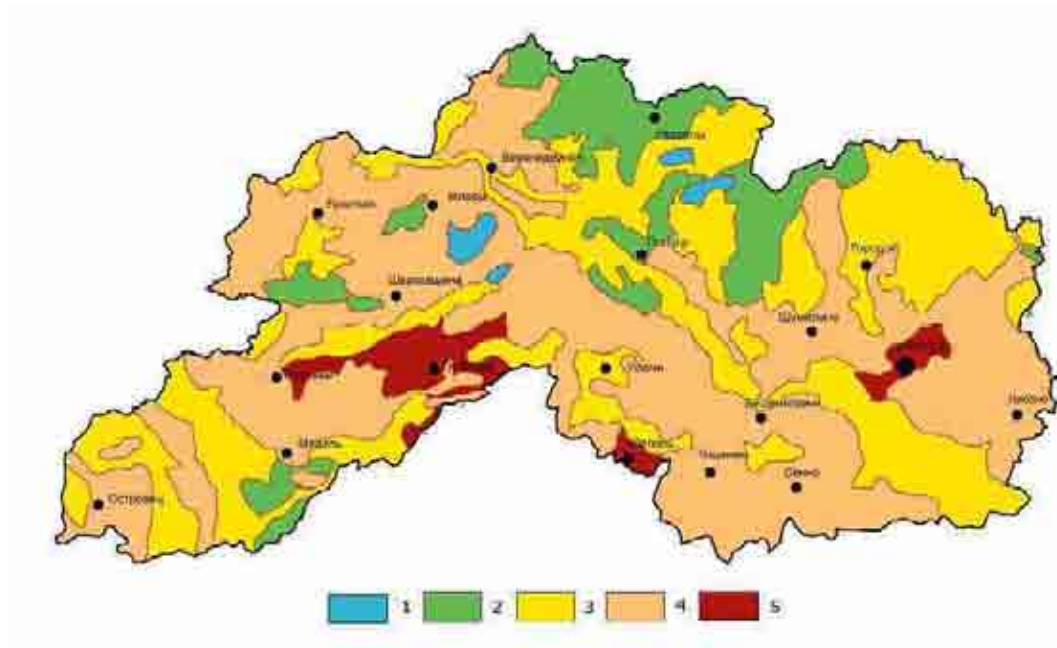


Рис. 5. Оценка антропогенной трансформации ландшафтов Поозерской провинции. Степень АТЛ: 1 – минимальная; 2 – низкая; 3 – средняя; 4 – высокая; 5 – максимальная

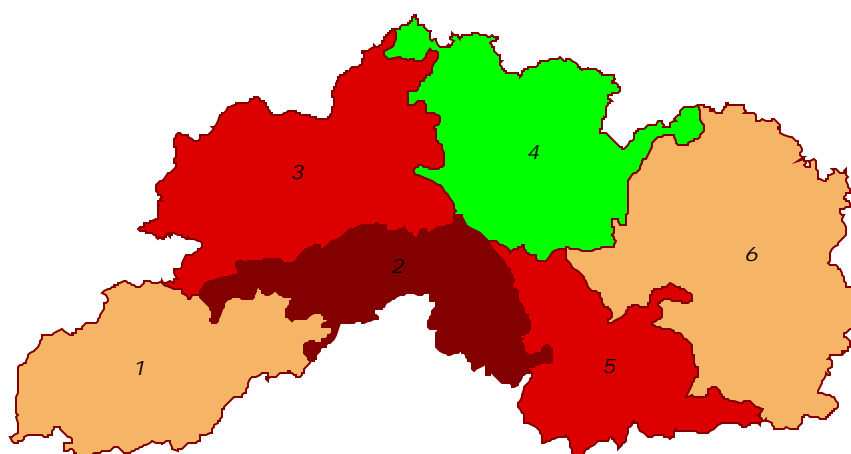


Рис. 6. Районирование Поозерской провинции по степени антропогенной трансформации ландшафтов. Районы: 1 – Островецко-Мядельский район средней и высокой трансформации; 2 – Глубокско-Лепельский район высокой и максимальной трансформации; 3 – Браславский район высокой трансформации; 4 – Россонский район низкой и средней трансформации; 5 – Чашникский район высокой трансформации; 6 – Витебский район средней и высокой трансформации

Островецко-Мядельский район средней и высокой трансформации расположен в юго-западной части провинции и занимает 14,2 % ее площади. Приурочен к Свенцянским грядам и Нарочанской равнине и характеризуется довольно сложной структурой природных ландшафтов, представленных 6 родами. Ландшафты-доминанты (водно-ледниковые с озерами, холмисто-моренно-озерные) занимают от 20,0 % до 27,2 % соответственно, доля их суммарной площади составляет 70 %. Преобладают

ландшафты с селитебно-лесоаграрным и лесоаграрным видами АТЛ, их удельный вес составляет 57 % площади района. Земли средней и высокой степени трансформации распределены равномерно, на их долю приходится 46 % и 52 % площади.

Глубокско-Лепельский район высокой и максимальной трансформации расположен в южной части провинции, преимущественно в границах Ушачско-Лепельской возвышенности. Площадь его территории составляет 11,6 %.

Район характеризуется распространением моренно-озерных (32,3 %) и холмисто-моренно-озерных (36,3 %) ландшафтов, что способствовало его активному сельскохозяйственному освоению. Среди видов антропогенной трансформации ландшафтов типичны селитебно-аграрные (35,7 %) и лесоаграрные (38 %), чем и объясняется широкое распространение здесь земель со средней степенью АТЛ (48 %) и наличие крупных площадей с максимальной степенью АТЛ (26 %).

Браславский район высокой трансформации занимает 19,5 % площади провинции, расположен в ее северо-западной части и приурочен главным образом к Освейско-Браславским грядам, Полоцкой и Дисненской низинам. Наиболее распространены озерно-ледниковые ландшафты (около 50 % площади) с селитебно-аграрным, аграрным и лесоаграрным видами трансформации, на долю которых приходится 20,7 %, 29,5 % и 24,2 % площади соответственно. Для указанных видов характерна высокая степень трансформации ландшафтов, их общая площадь составляет 62 % территории района.

Россонский район низкой и средней трансформации расположен в северной части провинции, занимает 18,1 % ее площади, приурочен к Полоцкой низине и Нещердо-Городокской возвышенности. Среди природных ландшафтов господствующими являются озерно-ледниковые, их удельный вес достигает 53,7 % от площади района. Доминирует лесной вид антропогенной трансформации ландшафтов (51,5 %). Следует особо отметить, что Россонский район является единственным в Поозерской провинции, в котором преобладают земли с низкой и средней степенью АТЛ. Так, на долю земель с низкой степенью антропогенной трансформации

приходится 44 %, средней степени – 45 % площади района.

Чашникский район высокой трансформации распространен в юго-восточной части провинции в пределах Шумилинской и Чашникской равнин и занимает 14,2 % территории региона. В структуре природных ландшафтов доминирующими выступают моренно-озерные (48,5 %), субдоминантами являются холмисто-моренно-озерные (26,3 %). Наибольшую площадь занимают ландшафты лесо-аграрного вида трансформации (53,6 %), 15 % территории приходится на долю селитебно-аграрного вида. В районе представлены земли со средней (27 %) и высокой (73 %) степенью АТЛ.

Витебский район средней и высокой трансформации занимает наибольшую площадь в пределах провинции (22,4 %), расположен в ее восточной части и приурочен к Нещердо-Городокской и Витебской возвышенностям, Суражской и Лучосской низинам. Структура ландшафтов представлена 7 родами, среди которых выделяются холмисто-моренно-озерные, моренно-озерные и озерно-ледниковые ландшафты, на их долю приходится 74 % территории района. Ландшафты отличаются достаточно благоприятными условиями для сельскохозяйственного использования, поэтому преобладает их селитебно-лесо-аграрная и селитебно-аграрная трансформация (22,2 % и 37,3 % площади соответственно). В районе 51 % территории занимают земли средней и около 46 % – высокой степени трансформации.

Проведенное районирование и полученные результаты регионального анализа послужили основой для разработки рекомендаций по оптимизации природопользования в проблемных регионах Беларуси.

Научно-исследовательская работа выполнена в рамках Государственной программы ориентированных фундаментальных исследований «Природопользование».

Литература

1. Гагина Н. В., Усова И. П. Региональные особенности антропогенной трансформации ландшафтов Белорусского Поозерья // Вестн. БГУ. Сер. 2. Химия. Биология. География. 2008. № 2. С. 93–96.
2. Кочуров Б. И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс. Смоленск, 1999.
3. Марцинкевич Г. И. История хозяйственного освоения и антропогенной трансформации ландшафтов Беларуси: Материалы Всерос. конф. «Селиверстовские чтения». СПб, 2009. С. 688–693.
4. Счастливая И. И., Сахарова С. П. Оценка антропогенной трансформации ландшафтов как часть комплексной территориальной организации Брестской области // Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии: Материалы IV Междунар. науч. конф. Минск, 2008. С. 309–311.

**Г. И. Марцинкевич, И. И. Счастливая,
Н. В. Гагина, В. А. Бакарасов, И. П. Усова**

**АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛАНДШАФТОВ
ПРОБЛЕМНЫХ РЕГИОНОВ БЕЛАРУСИ**

Представлены результаты исследований по оценке антропогенной трансформации ландшафтов проблемных регионов Беларуси. Выявлено, что высокой степени антропогенной трансформации ландшафтов подвержено 34,1 % территории Полесской провинции и 49,1 % – Поозерской. Средняя степень АТЛ характерна почти для половины территории Полесья (48,3 %) и третьей части Поозерья (34,1 %). Ландшафты с минимальной и максимальной степенями трансформации занимают незначительные площади.

Проведено прикладное районирование с учетом типов и видов АТЛ и степени их трансформации. В Полесском регионе выделено 7 районов АТЛ, в Поозерском – 6. Районы с высоким и максимальным уровнями трансформации характеризуются преобладанием сельскохозяйственных ландшафтов с селитебно-аграрным, аграрным, лесоаграрным и аквально-аграрным видами АТЛ. В районах со средним уровнем трансформации господствуют сельскохозяйственно-лесные и сельскохозяйственные ландшафты с лесоаграрным, лесоаграрным мелиорированным, болотно-лесоаграрным, аквально-лесоаграрным видами АТЛ. В районах с низкой степенью трансформации типичны лесохозяйственные ландшафты с лесоболотными, лесными и болотно-лесными видами АТЛ.

**G. I. Martsinkevich, I. I. Schastnaya,
N. V. Gagina, V. A. Bakarasov, I. P. Usova**

**LANDSCAPES ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF
PROBLEMATIC BELARUS REGIONS**

The paper gives research results of the assessment of landscapes anthropogenic transformation of problematic Belarus regions. It has been revealed that to a high degree of anthropogenic transformation of landscapes 34,1 % of the Polesye province territory and 49,1 % – Poozerskaya were subjected. Average degree of LAT is specific to almost half of Polesye territory (48,3 %) and third part of Poozerye (34,1 %). Landscapes of minimal and maximal transformation degree occupy inconsiderable areas.

Applied zoning with regard to types and sorts of LAT and degree of their transformation has been carried out. In the Polesye region 7 LAT districts has been registered, in Poozerye – 6 ones. Regions of high and maximal transformation levels are characterized by prevalence of farming landscapes with seliteb-agrarian, agrarian, wood-agrarian and aqua-agrarian LAT types. In regions of average transformation level dominate farming-wood and farming landscapes with wood-agrarian, wood agrarian ameliorated, bog-wood-agrarian, aqueous-wood-agrarian LAT types. In regions of low transformation degree there are wood economy landscapes with wood-mire, wood and mire-wood LAT types.

Л. А. Кравчук, Н. М. Баженова

ПРИРОДНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛАНДШАФТНО-РЕКРЕАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ В ГОРОДАХ БЕЛАРУСИ

На основании анализа данных о наличии и распределении земель по видам, а также картографических материалов, рассмотрены природные предпосылки формирования ландшафтно-рекреационных комплексов в городах Беларуси, различающихся по численности населения и приуроченных к различным ландшафтным провинциям. Выявлены географические особенности встречаемости естественных элементов в составе природных комплексов в городах, а также зависимость структуры и распределения видов городских земель от размеров города.

Решение задач оптимизации природопользования на урбанизированных территориях для организации устойчивой городской среды требует предварительного анализа предпосылок формирования ландшафтно-рекреационных комплексов (ЛРК) в городах. При этом следует предположить, что структура ЛРК в городах в той или иной степени детерминирована физико-географическими и историческими условиями их формирования и регулируется социально-экономическими механизмами.

Ландшафтно-рекреационный комплекс города – территориально и функционально взаимосвязанные культурные, естественные и антропогенно преобразованные ландшафты с преобладанием растительности и/или водных объектов, выполняющие преимущественно рекреационные, средообразующие, средозащитные и природоохранные функции.

В составе ЛРК выделяются ландшафтно-рекреационные территории (ЛРТ) городского и районного значения, к которым относятся лесопарки, рекреационные леса, парки, скверы, сады, бульвары, озелененные территории общественных центров, водно-зеленые системы (ВЗС) и другие, а также ЛРТ местного значения – озелененные территории, предназначенные для отдыха в жилых зонах. При организации загородного отдыха выделяют пригородные ЛРТ. Для всех этих категорий в Беларуси разработаны нормы обеспеченности [10].

Особую позицию в структуре ЛРК городов занимают так называемые «прочие или резервные» озелененные территории (РОТ), которые представлены в основном ландшафтами с луговой, болотной, древесно-кустарниковой растительностью. Данные территории временно не задействованы для организации городской инфраструктуры, обычно из-за сложности геоморфологических условий или благодаря ограничениям, в связи с приуроченностью к водоохранным зонам или по другим причинам. На них часто отмечают относительно малотрансформированные естественные растительные сообщества, рельеф не подвергся существенному изменению, их сре-

дообразующая, средозащитная роль и значение в сохранении биологического и ландшафтного разнообразия города обычно значительны, однако рекреационное значение низкое из-за отсутствия благоустройства. К РОТ относят также озелененные территории, сохранившиеся после сноса индивидуальной застройки, сельхозугодья, плодовые сады и питомники, утратившие производственное значение.

Как показали исследования [3–5], подобные территории, находящиеся вблизи жилых массивов, активно используются горожанами для повседневного кратковременного отдыха, особенно если поблизости нет благоустроенных рекреационных объектов. При развитии города они используются либо для создания рекреационных объектов, либо для развития городской инфраструктуры (застройка, коммуникации и т. п.).

Структура ЛРК в городах во многом детерминирована физико-географическими и ландшафтно-экологическими особенностями их места расположения, т.е. рельефом, гидрографической ситуацией, почвенными и климатическими условиями, что определяет наличие и соотношение относительно малоизмененных естественных экосистем (лесов, лугов, болот и др.) в составе городской территории, формационную структуру растительных сообществ, а также особенности пригородных зеленых зон (преобладание тех или иных типов лесов, лугов, наличие водных объектов и др.).

Анализ картографических материалов городских поселений с использованием [7, 8], а также данных о наличии и распределении видов земель в городах Беларуси по форме «22-зем» (по данным Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2010 г.), показал, что предпосылки формирования ЛРК в городах Беларуси достаточно разнообразны.

Предваряя анализ, следует отметить некоторые особенности учета земель в городах. Так, было выявлено, что в структуре земель ряда городов страны, по данным отчетности по форме «22-зем», лесные земли отсутствуют или их ко-

личество несколько ниже реального, хотя детальные натурные исследования [3–5, 9 и др.] показывают наличие в пределах некоторых городов лесопарков и парков, которые, по сути, являются преобразованными лесами (например, в Светлогорске, Гродно, Витебске и др.). Эти различия связаны с тем, что некоторые лесные массивы в составе городов переданы из Гослесфонда в ведение местных администраций или других ведомств и в материалах статистичности попадают в земли «под улицами и другими общественными местами», куда, согласно методике заполнения формы «22-зем», включаются парки, скверы, бульвары и другие насаждения общего пользования. Такая же ситуация с землями под болотами. Например, в составе земельного фонда Минска земли под болотами не числятся, однако ландшафтно-экологические исследования показали, что болота на территории города встречаются [2, 6]. Эти несоответствия объясняются тем, что в данных учета они проходят либо в составе лесных земель (например, болото Масюковское в Минске входит в состав лесного квартала Ждановичского лесничества), либо отнесены к луговым заболоченным или другим видам земель.

В нашем анализе к естественным элементам природного комплекса (экосистемам), отраженным в данных учета городских земель, мы относим земли под лесами, лугами, болотами, древесно-кустарниковой растительностью и водными объектами. При этом следует отметить, что определение «естественные» на городских территориях в какой-то мере относительно. Так, многие леса в городах и в пригородных зонах имеют культурное происхождение (лесные культуры), как и многие водные объекты (водохранилища, пруды, каналы). Значительные площади лугов являются измененными естественными лугами, которые активно вовлекаются в природно-антропогенный территориальный комплекс (ПАТК) города. В состав земель «под древесно-кустарниковой растительностью» попадают территории занятые, как правило, спонтанной древесно-кустарниковой растительностью, которая развилась на неиспользуемых землях. Но они также в городах в той или иной степени преобразованы в процессе частичного благоустройства – здесь эпизодически проводится укос трав (освободившиеся ниши обычно интенсивно зарастают агрессивными рудеральными видами), осуществляются рубки ухода, компенсационные посадки интродуцированных видов деревьев. Однако одним из отличительных свойств этих экосистем является преобладание естественных процессов возобновления. То же касается и определения «культурные» (искусственные) элементы ЛПК (парки, скверы, сады, бульвары, ВЗС), некоторые из них, особенно парки, созданы на основе преобразованных лесов, а ВЗС – на основе естест-

венных лугов, водотоков и водоемов. И, тем не менее, изучение данных по структуре городских земель даже с учетом этих особенностей дает определенное представление о природных условиях формирования ЛПК в городах.

Анализ распределения земель в городах Беларуси (без учета поселков городского типа и районных поселков), показывает, что в целом в их составе чуть более 18 % от площади занимают естественные экосистемы. Из них леса и луга составляют по 4,3 %, древесно-кустарниковая растительность – 5,4, водные объекты и болота, соответственно, 2,9 и 1,6 %.

Социально-экономические и исторические особенности развития поселений страны, которые определяют их размеры и административный статус, во многом обуславливают также степень застроенности городских территорий, долю сельскохозяйственных земель, культурных насаждений (парков, скверов, бульваров и др.) и естественных экосистем (лесов, болот, лугов и др.), а также уровень благоустройства и ландшафтно-архитектурной организации городской среды. Существенное значение в данном случае имеет также факт установления административной границы города с учетом перспектив его роста, так как при этом в состав городских территорий вовлекаются прилегающие природно-территориальные комплексы, характерные для ближайшего пригорода.

Анализ данных о структуре земель в городах, отличающихся размером (по численности населения) (рис. 1), показал высокую долю земель под застройкой в больших городах (Барановичи, Бобруйск, Борисов, Мозырь, Орша, Пинск, Солигорск), а также пахотных земель в составе средних и малых городов. Заметно снижение участия лесных земель в малых и средних городах по сравнению с большими и крупными. Соотношение доли участия различных естественных экосистем в составе городов, отличающихся по размеру, приведено в табл. 1, а их доля в составе ПАТК, где учитывались все городские земли, – в табл. 2, 3.

Площади, занятые под тем или иным видом земель, весьма различаются в зависимости от типа поселений. В крупных городах около 70 % площадей под естественными экосистемами приходится на лесные земли и земли под древесно-кустарниковой растительностью; в больших городах очень низка (5,6 %) доля луговых земель, а лесные, заболоченные и под древесно-кустарниковой растительностью занимают по 27,8 %. В средних городах доля земель под древесно-кустарниковой растительностью составляет более 30%; под болотами – близко к 6, лесами, лугами и водными объектами – около 60 %. Малые города отличаются весьма высокой долей (47,4 %) луговых земель и очень низкой (5,3 %) – лесных.

Таблица 1. Соотношение участия естественных экосистем в составе городов Беларуси

Города	Вид земель, %				
	под древесно-кустарниковой растительностью	лесные	луговые	под водными объектами	под болотами
Крупные и Минск	31,6	36,8	10,5	15,8	5,3
Большие	27,8	27,8	5,6	11,1	27,8
Средние	33,3	22,2	22,2	16,7	5,6
Малые	21,1	5,3	47,4	15,8	10,5

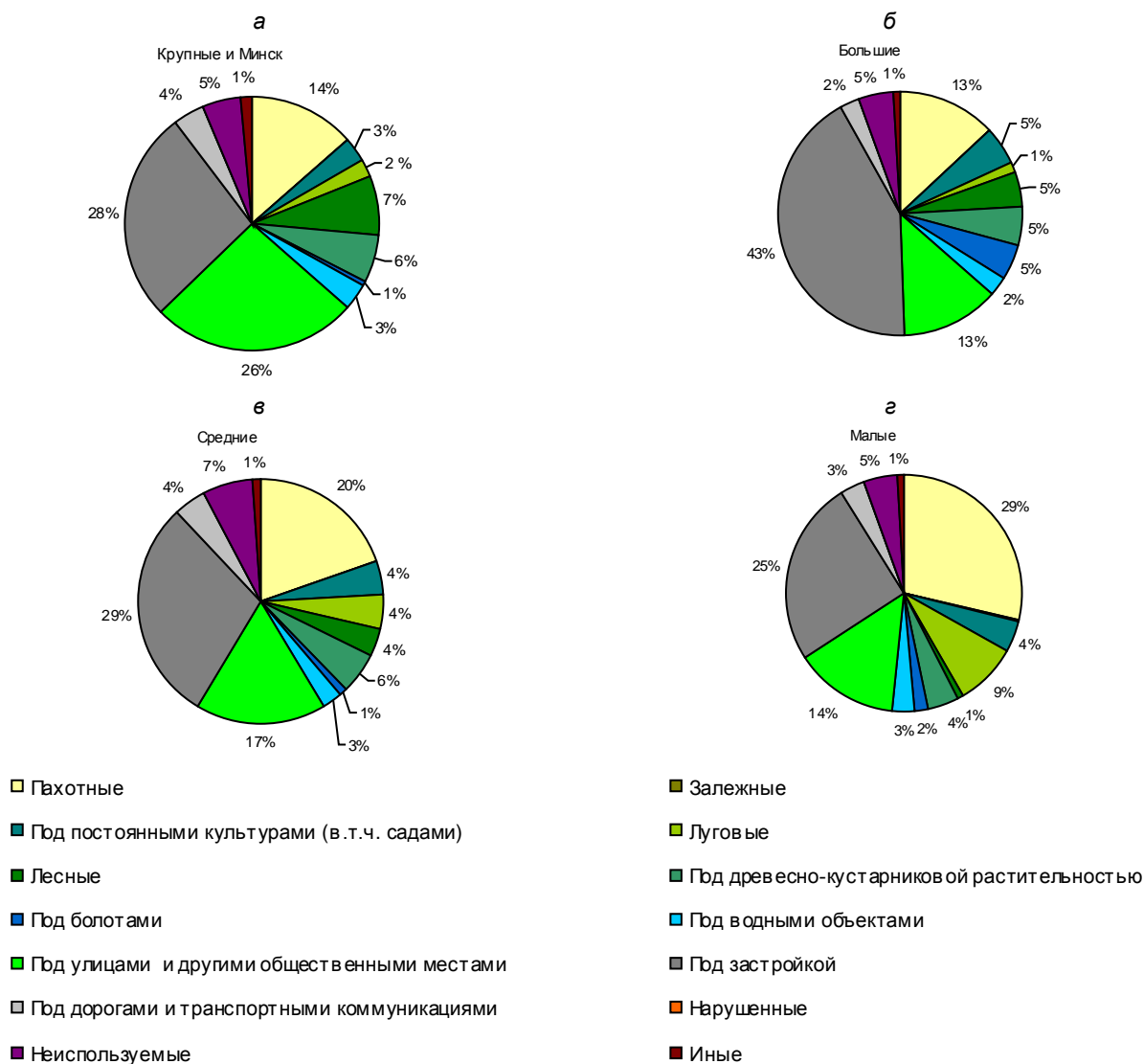


Рис. 1. Наличие и распределение земель по видам в крупнейших и крупных (а), больших (б), средних (в) и малых (г) городах Беларуси (отчетность для нескольких средних городов предоставлена совместно с малыми)

Таблица 2. Доля естественных экосистем в составе городских территорий (средние значения)

Города	Вид земель, % в структуре городских земель					
	под древесно-кустарниковой растительностью	лесные	луговые	под водными объектами	под болотами	всего (5 видов)
Крупные и Минск	6	7	2	3	1	19
Большие	5	5	1	2	5	18
Средние	6	4	4	3	1	18
Малые	4	1	9	3	2	19

Таблица 3. Варьирование доли естественных экосистем в составе городских территорий

Города	Вид земель, % от городских земель				
	под древесно-кустарниковой растительностью	лесные	луговые	под водными объектами	под болотами
Крупные и Минск	2,4–10,4	1,3–10,9	0,5–5,2	1,9–6,2	0,0–1,7
Большие	0,0–9,4	0,5–23,1	0,0–3,7	0,6–7,4	0,1–28,5
Средние	0,7–16,4	0,0–16,3	0,0–17,6	0,3–7,0	0,0–4,8
Малые	0,0–24,7	0,0–8,5	0,0–32,3	0,0–14,2	0,0–12,3

В общей структуре земель городов доля территорий под естественными экосистемами варьирует от 1 до 52 % и в среднем составляет несколько меньше 20 % (см. табл. 2).

В крупных городах (с учетом Минска) доля лесных земель варьирует от 1,3 до 10,9 % и в среднем составляет 7 %, *причем леса входят в состав территорий всех крупных городов*. Под древесно-кустарниковой растительностью занято в среднем 6 % городских земель (их доля варьирует от 2,4 до 10,4 %). На земли под лугами, водными объектами и болотами приходится 2, 3 и 1 % соответственно, с незначительным варьированием (см. табл. 3).

В больших городах по 5 % территории занято лесами, болотами и древесно-кустарниковой растительностью, но диапазон варьирования этих видов земель весьма широк (см. табл. 3). К примеру, доля лесов в Мозыре достигает 23,1 %, земель под болотами в Пинске – 28,5 % (хотя в других больших городах не превышает 1,8 %). При этом *леса имеются на территории всех больших городов*. Под водными объектами и луговыми землями находится в среднем 2 и 1 % городской территории соответственно, но луга в земельном фонде Солигорска, Мозыря и Пинска не представлены.

В средних городах доля земель под древесно-кустарниковой растительностью имеет широкий диапазон варьирования и в целом составляет 6 % от городских территорий, лесные и луговые – по 4 %. *В 13 средних городах Беларуси леса в пределах городской черты отсутствуют*. На земли под водными объектами в данном типе поселений приходится 3 % территории с нешироким диапазоном варьирования, а под болотами – 1 % (в Вилейке, Жодино, Речице, Василевичах и Волковыске земли под болотами не числятся в составе земельного фонда).

В малых городах в среднем 9 % территорий занимают луговые земли, 4 – земли под древесно-кустарниковой растительностью, 3 – под водными объектами, 2 – болота, 1 % – лесные земли. Доля каждого вида земель в малых городах значительно варьирует (см. табл. 3), иногда здесь не встречаются те или иные виды земель. *Леса отсутствуют в 55 малых городах* – они зарегистрированы лишь в 19 малых городах Витебской, Минской, Гомельской и Могилевской областей. Земли под болотами не встречаются в 13 (главным образом, в Могилевской и Минской областях); луговые земли не представлены в 6 малых городах Могилевской и Гомельской областей

(Славгород, Быхов, Хойники, Буда-Кошелево, Ветка, Наровля); в городах Узда, Иваново, Ивье и Славгород в составе земельного фонда не числятся земли под древесно-кустарниковой растительностью.

Анализ данных о распределении земель в городах, приуроченных к различным ландшафтным провинциям, также выявил определенные закономерности.

Согласно ландшафтному районированию, в Беларуси выделяется 5 ландшафтных провинций: Поозерская, Белорусская возвышенная, Восточно-Белорусская, Предполеская и Полеская [7]. В Восточно-Белорусской, Предполеской и Полеской провинциях представлены все анализируемые типы городских поселений, в Поозерской и Белорусской возвышенной большие города не встречаются (табл. 4).

Каждый тип городских поселений характеризуется определенным соотношением естественных элементов природного комплекса, которое в какой-то степени зависит от приуроченности к той или иной ландшафтной провинции (рис. 2).

Как показывают расчеты (табл. 5), крупные и большие города, находящиеся в Полеской провинции, выделяются достаточно высокой долей естественных элементов в общей структуре земель (выше среднего в 1,6–1,8 раз). В Бресте, например, эта особенность проявляется в увеличении доли каждого из 5 видов земель (лесных, луговых, болотных, под древесно-кустарниковой растительностью, под водными объектами), в больших (Мозырь, Пинск) – увеличением доли земель под болотами. В средних и малых городах Поозерской провинции также почти треть городских территорий находится под землями, занятыми естественными экосистемами. В средних городах – это в основном земли под древесно-кустарниковой растительностью и лесами, в малых – все виды земель, где доля каждого из них выше среднего по республике. В целом отмечается снижение доли участия лесных и увеличение доли луговых земель в малых и средних городах.

Водные объекты (реки, озера, водохранилища, пруды) в городах являются ценными составляющими ЛРК и имеют повышенный рекреационный спрос у городского населения, выполняют значимые средообразующие функции. Водоохранные зоны, приуроченные к ним, имеют особый охранный статус и являются, как правило, основой для создания рекреационных объектов.

Таблица 4. Приуроченность городов Беларуси к ландшафтным провинциям

Ландшафтная провинция	Тип городских поселений	Городские поселения
Поозерская	Крупные Средние Малые	Витебск Новополоцк, Полоцк Браслав, Верхнедвинск, Глубокое, Городок, Дисна, Лепель, Миоры, Мядель, Новолукомль, Поставы, Сенно, Скидель, Чашники
Белорусская возвышенная	Крупнейшие Крупные Средние Малые	Минск Гродно Вилейка, Волковыск, Дзержинск, Лида, Молодечно, Новогрудок, Слоним, Сморгонь Березовка, Воложин, Докшицы, Дятлово, Заславль, Ивье, Копыль, Логойск, Мосты, Несвиж, Ошмяны, Смолевичи, Столбцы, Фаниполь, Щучин
Восточно-Белорусская	Крупные Большие Средние Малые	Могилев Орша Горки, Кричев Барань, Быхов, Дубровно, Климовичи, Костюковичи, Мстиславль, Славгород, Толочин, Чаусы, Чериков, Шклов
Предполеская	Крупные Большие Средние Малые	Гомель Барановичи, Бобруйск, Борисов, Солигорск Береза, Жлобин, Жодино, Марьяна Горка, Осиповичи, Рогачев, Слуцк Березино, Буда-Кошелево, Ганцевичи, Кировск, Клецк, Кличев, Коссово, Крупки, Ляховичи, Пружаны, Свислочь, Старые Дороги, Узда, Червень, Чечерск
Полеская	Крупные Большие Средние Малые	Брест Мозырь, Пинск Ивацевичи, Калининвичи, Кобрин, Лунинец, Речица, Светлогорск Белоозерск, Василевичи, Ветка, Высокое, Давид-Городок, Добруш, Дрогичин, Ельск, Жабинка, Житковичи, Иваново, Каменец, Любань, Малорита, Микашевичи, Наровля, Петриков, Столин, Туров, Хойники

Таблица 5. Доля естественных экосистем в составе городов в разрезе ландшафтных провинций

Тип города, ландшафтные провинции	Вклад видов земель, % от общей площади городских земель					
	под древесно-кустарниковой растительностью	лесные	луговые	под водными объектами	под болотами	всего (5 видов)
Крупные и крупнейший	6	7	2	3	1	19
Поозерская	8	1	1	3	1	14
Белорусская возвышенная	3	9	2	2	—	16
Восточно-Белорусская	7	9	1	2	0,4	19,4
Предполеская	9	2	1	6	1	19
Полеская	10	9	5	5	2	31
Большие	5	5	1	2	5	18
Поозерская	—	—	—	—	—	—
Белорусская возвышенная	—	—	—	—	—	—
Восточно-Белорусская	4	0,5	1	7	0,1	12,6
Предполеская	5	6	0,6	0,6	0,2	12,4
Полеская	0,5	2	—	2	28,5	32
Средние	6	4	4	3	1	18
Поозерская	15	12	—	4	1	32
Белорусская возвышенная	3	2	6	2	1	14
Восточно-Белорусская	5	3	2	4	3	17
Предполеская	5	0,1	7	2	1	15,1
Полеская	4	1	3	3	0,5	11,5
Малые	4	1	9	3	2	19
Поозерская	9	1	10	5	4	29
Белорусская возвышенная	3	1	6	4	1	15
Восточно-Белорусская	1	1	7	1	1	11
Предполеская	4	0,4	9	2	2	17,4
Полеская	3	0,2	10	2	2	17,2

Анализ картографических материалов показал, что основной характерной чертой большинства городов Беларуси является присутствие в границах городской черты, а также в ближайшем пригороде разнообразных водных объектов [1, 7, 8]. Однако реки, например, реже встречаются в пределах городов на Полесье – здесь они отсутствуют в 8 городах из 29. В Предполесской ландшафтной провинции реки отсутствуют в 3 из 27 городов, в Белорусской возвышенной – в 2 из 25, в Позерской – в 1 из 16 и в Восточно-Белорусской провинции реки имеются на территории всех 25 городов (рис. 3).

Как указывалось выше, леса реже, чем водные объекты, входят в состав территорий белорусских городов. Например, в 19 городах Полесской ландшафтной провинции леса в пределах городской черты отсутствуют, в Предполесской – лесов нет в 18 городах, в Восточно-Белорусской – в 9, в Белорусской возвышенной – в 15; нет лесов также в 7 городах, приуроченных к Поозерской ландшафтной провинции.

Из естественных экосистем, которые достаточно часто встречаются в городах страны, следует отметить болота. Они присутствуют во всех городах, расположенных в Поозерской ландшафтной провинции, в 22 – Полесской, в 22 – Предполесской, в 11 городах Восточно-Белорусской провинции. Наиболее редки болота в городах Белорусской возвышенной провинции – в 11 городах из 25 они не числятся в составе земельного фонда. Естественно, многие из них в настоящее время в той или иной степени мелиорированы, но степень их антропогенной измененности возможно установить при детальном ландшафтно-экологических исследованиях в конкретных городах.

График (см. рис. 3) дает наглядное представление о частоте встречаемости тех или иных естественных элементов природного комплекса в городах, расположенных в различных ландшафтных провинциях. Например, водные объекты в целом (озера, пруды, водохранилища и реки), а также леса в городах, приуроченных к Белорусской возвышенной ландшафтной провинции, встречаются достаточно часто, а болота – наиболее редко. Однако детальный анализ показал, что здесь водные объекты в большей степени представлены водоемами (иногда крупными), имеющими искусственное происхождение (водохранилищами и прудами), и редко встречаются естественные озера, в Поозерской провинции в составе городов наиболее часто встречаются озера (рис. 3).

Географические особенности размещения городов (приуроченность к той или иной геогра-

фической зоне, ландшафтной провинции) детерминирует преобладающие формы рельефа, особенности формационной структуры лесов и лугов.

Низкие показатели доли лесных земель характерны для ЛРК малых городов (во всех ландшафтных провинциях) и средних городов, приуроченных к Предполесской ландшафтной провинции. Этот факт объясняется не столько особенностями расположения лесов и залесенностью пригородных территорий, сколько административно-планировочными решениями при установлении городских границ, принимаемыми в различных социально-экономических условиях. По данным картографических материалов, в непосредственной близости к границам многих малых и средних городов часто встречаются лесные массивы, однако введение лесов в пределы городской черты, с одной стороны, предполагает дополнительные статьи расходов в бюджете города на их содержание и благоустройство, что не всегда соответствует экономическим интересам городского хозяйства. С другой стороны, спрос на рекреационное использование лесов, особенно в малых городах ниже (небольшая численность населения, меньше свободного времени из-за занятости в подсобном хозяйстве). Хотя в малых городах у населения выше интерес к использованию ресурсов леса – ягод, грибов, лекарственных растений и др.

Луга присутствуют практически во всех городах страны, однако естественные луга чаще отмечаются в городах, расположенных в Поозерской провинции (рис. 3). Картографический анализ приуроченности городов к различным видам ландшафтов, проведенный с использованием Национального атласа Беларуси [7], показывает, что 112 городов страны (без учета поселков городского типа и районных поселков), приурочены к 30 видам (табл. 6). Встречаемость тех или иных ландшафтов в составе городов достаточно широко варьирует в пределах ландшафтных провинций (табл. 7). Наиболее часто (в 19 городах) встречаются плоские ландшафты со злаковыми лугами и низинными болотами и ландшафты, представленные долинами с плоской поймой, локальными террасами, злаковыми лугами, низинными болотами, хвойными лесами. Также достаточно часто города приурочены к волнистым ландшафтам с моренными холмами и дюнами, хвойными, широколиственно-еловыми и дубовыми лесами (11 городов), гривистым со злаковыми лугами, дубравами, низинными болотами и черноольховыми лесами (10 городов) и холмисто-волнистым с широколиственно-еловыми и хвойными лесами (10 городов).

Таблица 6. Приуроченность городов Беларуси к различным ландшафтам

Род	Ландшафты		Города
	№*	Вид	
I. Возвышенно-моренно-озерные с еловыми и мелколиственными лесами, лугами на дерново-подзолистых, реже заболоченных землях, значительно распаханые	1	Мелкохолмистые с сероольховыми и еловыми лесами, злаковыми лугами	Новолукомль
	3	Крупнохолмисто-грядовые с еловыми лесами	Мядель
II. Возвышенно-моренно-эрозионные с широколиственно-еловыми, широколиственными и хвойными лесами на дерново-подзолистых, реже дерново-палево-подзолистых почвах, значительно распаханые	4	Мелкохолмисто-грядовые и увалистые с широколиственно-еловыми, хвойными и дубовыми лесами	Волковыск, Воложин, Заславль, Клецк, Несвиж, Свислочь
	5	Среднехолмисто-грядовые с еловыми, широколиственно-еловыми и широколиственно-хвойными лесами	Гродно, Дзержинск, Копыль, Мозырь, Новогрудок, Ошмяны
III. Камово-моренные с хвойными и мелколиственными лесами на дерново-подзолистых почвах, частично распаханые	7	Мелко- и среднехолмисто-котловинные с хвойными, широколиственно-еловыми и березовыми лесами, верховыми болотами	Браслав, Поставы
	8	Мелко- и среднехолмистые с хвойными и березовыми лесами	Минск
IV. Лессовые с широколиственно-еловыми и мелколиственными лесами на дерново-палево-подзолистых почвах, преимущественно распаханые	9	Волнисто-увалисто-западинные с еловыми лесами	Дубровно, Горки, Мстиславль
	10	Мелкохолмисто-увалистые с широколиственно-еловыми и осиновыми лесами	Толочин
	11	Платоподобные с еловыми и широколиственно-еловыми лесами	Барань, Орша
V. Морено-озерные с еловыми, широколиственно-еловыми и мелколиственными лесами на дерново-подзолистых и дерново-подзолистых заболоченных почвах, значительно и частично распаханые	12	Волнистые с сероольховыми, березовыми и широколиственно-еловыми лесами, злаковыми лугами	Витебск, Миоры, Сенно, Чашники
	13	Холмисто-волнистые с еловыми, широколиственно-еловыми и осиновыми лесами	Глубокое
VI. Вторично-моренные с широколиственно-еловыми, хвойными и широколиственно-хвойными лесами на дерново-подзолистых, реже заболоченных почвах, значительно распаханые	14	Волнистые с широколиственно-еловыми лесами	Бобруйск, Докшицы, Дятлово, Климовичи, Лида, Могилев, Несвиж, Сморгонь
	15	Волнистые с придолинными зандрами, широколиственно-хвойными и хвойными лесами	Дрогичин
	16	Холмисто-волнистые с широколиственно-еловыми и хвойными лесами	Высокое, Кировск, Лида, Могилев, Пружаны, Смолевичи, Столбцы, Узда, Чериков, Щучин
VII. Морено-зандровые с широколиственно-еловыми и хвойными лесами на дерново-подзолистых и дерново-подзолистых заболоченных почвах, частично распаханые	17	Волнистые с широколиственно-еловыми и хвойными лесами	Барановичи, Береза, Ивье, Ляховичи, Солигорск, Червень
	18	Волнисто-увалистые с дубовыми и хвойными лесами	Буда-Кошелево, Гомель, Костюковичи
	19	Холмисто-волнистые с хвойными и широколиственно-хвойными лесами	Иваново, Пинск, Речица
VIII. Водно-ледниковые с хвойными и широколиственно-хвойными лесами на дерново-подзолистых, реже заболоченных почвах, частично и ограниченно распаханых	20	Плоские с хвойными и широколиственно-хвойными лесами	Жлобин, Климовичи, Коссово, Старые Дороги
	21	Плосковолнистые с хвойными, широколиственно-хвойными и дубовыми лесами	Брест, Ельск, Малорита, Столин, Хойники
	22	Волнистые с камами, хвойными и березовыми лесами	Городок
	23	Волнистые с моренными холмами и дюнами, хвойными, широколиственно-еловыми и дубовыми лесами	Ганцевичи, Ивацевичи, Марьина Горка, Минск, Молодечно, Осиповичи, Свислочь, Слуцк, Старые Дороги, Фаниполь, Червень

Окончание табл. 6

IX. Озерно-ледниковые с еловыми, хвойными и мелколиственными лесами на дерново-подзолистых и дерново-подзолистых заболоченных почвах, значительно и ограниченно распаханых	24	Плоские с моренными холмами, сероольховыми и еловыми лесами	Лепель
	25	Плосковолнистые с дюнами, березовыми и хвойными лесами	Новополоцк, Скидель
X. Аллювиальные террасированные с хвойными, широколиственно-хвойными и мелколиственными лесами на дерново-подзолистых, часто заболоченных почвах, ограниченно распаханые	26	Плосковолнистые с хвойными, широколиственно-хвойными и черноольховыми лесами	Гомель
	27	Волнистые с хвойными и березовыми лесами	Березовка, Бобруйск, Быхов, Лунинец, Микашевичи
XI. Озерно-аллювиальные с широколиственно-хвойными и дубовыми лесами на дерново-подзолистых и дерново-подзолистых заболоченных почвах, коренными мелколиственными лесами и болотами на торфяно-болотных почвах, ограниченно распаханые	29	Плосковолнистые с широколиственно-хвойными и дубовыми лесами, низинными болотами	Василевичи, Житковичи, Калинковичи, Малорита, Микашевичи, Петриков, Светлогорск
XII. Озерно-болотные с болотами и коренными мелколиственными лесами на торфяно-болотных почвах, хвойными лесами на дерново-подзолистых почвах, частично и ограниченно распаханые	31	Плосковолнистые с остатками террас и водно-ледниковых равнин, низинными болотами, пушисто-березовыми и черноольховыми, местами хвойными лесами	Белоозерск, Смолевичи
XIII. Пойменные с заливными лугами и дубравами на дерновых заболоченных почвах, низинными болотами и коренными мелколиственными лесами на торфяно-болотных почвах, ограниченно распаханые	32	Плоские со злаковыми лугами и низинными болотами	Береза, Бобруйск, Брест, Быхов, Жабинка, Жлобин, Каменец, Кобрин, Любань, Мосты, Пинск, Рогачев, Светлогорск, Славгород, Слуцк, Солигорск, Столбцы, Чериков, Чечерск
	33	Гривистые со злаковыми лугами, дубравами, низинными болотами и черноольховыми лесами	Ветка, Гомель, Давид-Городок, Добруш, Мозырь, Наровля, Петриков, Речица, Столин, Туров
XIV. Речные долины с хвойными лесами на дерново-подзолистых почвах, лугами на дерновых заболоченных почвах, болотами, ограниченно распаханые	34	Долины с плоской поймой, локальными террасами, злаковыми лугами, низинными болотами, хвойными лесами	Березино, Борисов, Верхнедвинск, Вилейка, Волковыск, Дисна, Жодино, Кличев, Кричев, Крупки, Логойск, Могилев, Молодечно, Новополоцк, Орша, Полоцк, Слоним, Чаусы, Шклов

* Согласно [7].

Таблица 7. Число городов, включающих различные виды ландшафтов (в разрезе ландшафтных провинций)

Провинция	Ландшафты*																																	
	I		II		III		IV			V		VI			VII			VIII				IX		X		XI	XII	XIII		XIV				
	1	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	29	31	32	33	34				
Белорусская возвышенная			4	5		1						5		4	1						3				1		1	2		5				
Восточно-Белорусская							3	1	2			2		2		1		1							1			3		5				
Полеская				1									1	1			3		5		1					2	7	1	7	9				
Поозерская	1	1			2					4	1										1		2								4			
Предполеская			2									1		3	5	2		3			7			1	1			7	1	5				

* Нумерация родов и видов ландшафтов согласно [7] и табл. 6.

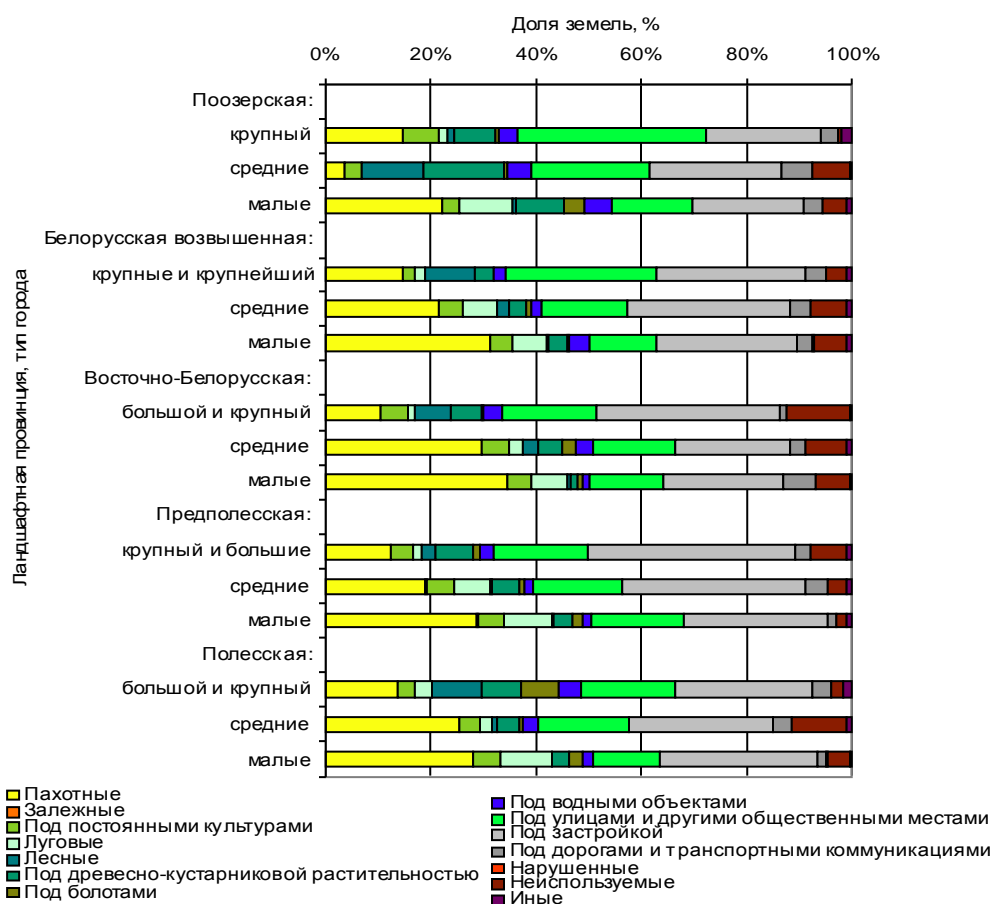


Рис. 2. Наличие и распределение видов земель в городах Беларуси, расположенных в различных ландшафтных провинциях

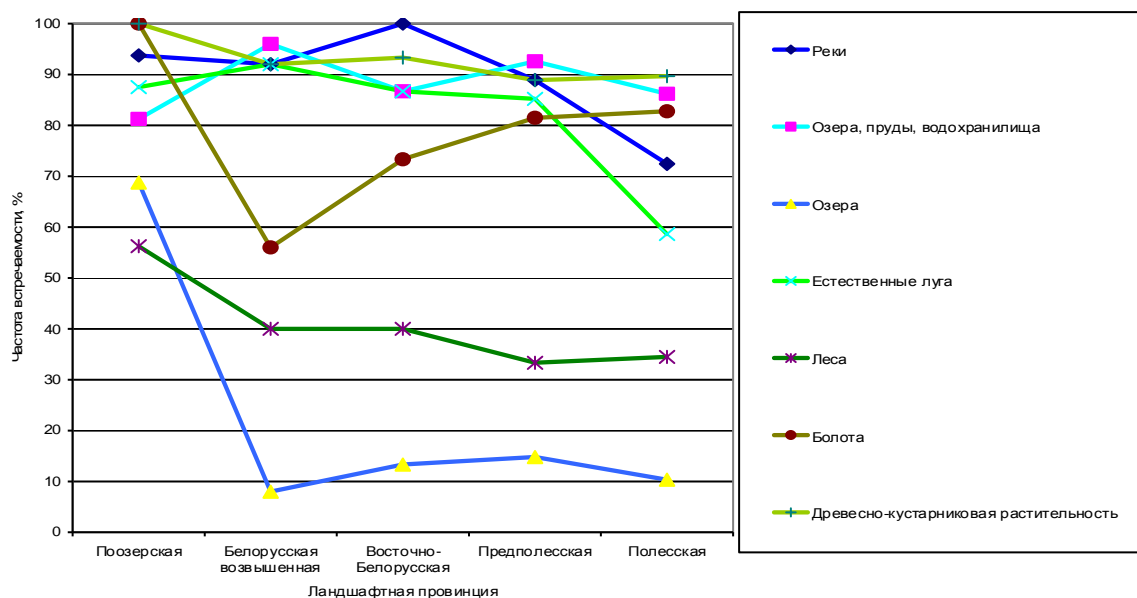


Рис. 3. Частота встречаемости элементов природного комплекса в составе городов в различных ландшафтных провинциях

Очевидно, что анализ на мелкомасштабном уровне, на котором представлена ландшафтная карта в Национальном атласе [7], не дает полного представления о природном ланд-

шафтном многообразии городов. Многие ландшафты, особенно долинные комплексы малых и средних рек в мелком масштабе не картируются, но, очевидно, присутствуют в городах, имеющих

такие реки на своих территориях. Значительная часть природных ландшафтов существенно трансформирована в процессе застройки городских территорий. Но все же характерные черты основных видов ландшафтов, в пределах которых расположены города, в той или иной мере проявляются и во многом сохраняются на относительно малотрансформированных территориях ЛРК. Поэтому детальное крупномасштабное изучение естественного ландшафтного разнообразия городов Беларуси (на уровне видов, урочищ), пример которого продемонстрирован в некоторых работах [9, 11 и др.], является задачей ближайшего будущего для геоэкологии. Проведение исследований в данном направлении особенно важно на фоне достаточно интенсивных

градостроительных процессов, протекающих в Беларуси, актуальности оптимизации структуры ПАТК городов с учетом их ландшафтно-экологических особенностей – высокой доли относительно малоизмененных естественных ландшафтов, а также в контексте международных документов о сохранении ландшафтного разнообразия. Для целей научно обоснованного природопользования на урбанизированных территориях значительный интерес представляет также изучение биологического разнообразия ЛРК городов Беларуси (формационная структура городских и пригородных лесов, лугов, болот, встречаемость редких видов растений, животных и их сообществ).

Литература

1. Блакітная кніга Беларусі: Энцыкл. / Беларус. Энцыкл.; Рэдкал.: Н. А. Дзісько і інш. Мінск, 1994.
2. **Быкова Н. К.** Функционирование и трансформация болотных комплексов на урбанизированных территориях (на примере г. Минска): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Минск, 2009.
3. **Кравчук Л. А.** Опыт оценки структурно-функциональной организации ландшафтно-рекреационных территорий г. Витебска // Природные ресурсы. 2007. № 4. С. 71–79.
4. **Кравчук Л. А., Судник А. В.** Оценка структурно-функциональной организации ландшафтно-рекреационного комплекса г. Могилева // Природные ресурсы. 2009. № 2. С. 46–57.
5. **Кравчук Л. А., Судник А. В.** Опыт исследований ландшафтно-рекреационного комплекса города для целей градостроительного планирования и управления (на примере Минска) // Природопользование. Минск, 2009. Вып. 15. С. 134–144.
6. **Кухарчик Т. И., Какарека С. В., Хомич В. С., Быкова Н. К.** Оценка и сохранение природного разнообразия городских ландшафтов // Природопользование. Минск, 2008. Вып. 14. С. 25–37.
7. Нацыянальны Атлас Беларусі. Камітэт па зямельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Савеце Міністраў Рэспублікі Беларусь. Минск, 2002.
8. Путеводитель по городам и районным центрам Республики Беларусь / Составитель А. Варивончик и др. Минск, 2004.
9. Светлогорск: экологический анализ города / В. С. Хомич, С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик, Л. А. Кравчук. Минск, 2002.
10. ТКП45-3.01-116-2008. Градостроительство. Населенные пункты. Нормы планировки и застройки.
11. **Фалолеева М. А.** Пространственная структура городских ландшафтов и оценка их экологического потенциала (на примере г. Минска): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Минск, 2004.

Институт природопользования НАН Беларуси

Л. А. Кравчук, Н. М. Баженова

ПРИРОДНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛАНДШАФТНО-РЕКРЕАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ В ГОРОДАХ БЕЛАРУСИ

На основании анализа картографических материалов и данных о наличии и распределении видов земель, рассмотрены природные предпосылки формирования ландшафтно-рекреационных комплексов в 112 городах Беларуси. Оценена доля естественных экосистем (лесов, лугов, древесно-кустарниковой растительности, водных объектов и болот) на территории городов. Установлено, что они занимают в среднем 18–20 % городской территории. Выявлены географические особенности встречаемости рек, озер, лесов, лугов и болот в составе городских территорий, а также зависимость структуры городских земель (по видам) от размеров городов.

L. A. Kravchuk, N. M. Bazhenova

NATURAL PREREQUISITES FOR THE FORMATION OF LANDSCAPE AND RECREATION COMPLEXES IN BELARUS CITIES

On the basis of the analysis of cartographic materials and data on the availability and distribution of lands, natural prerequisites for the formation of landscape and recreation complexes in 112 cities of Belarus have been considered. The share of natural ecosystems (forests, meadows, shrubbery, water sites and wetlands) inside the cities has been estimated. It has been found that they occupy in the average 18–20 % of the cities area. The geographical features of occurrence of rivers, lakes, forests, meadows and wetlands within urban areas have been revealed, as well as the dependence of the structure of urban land (by species) from the city sizes.

О. Г. Савич-Шемят, Н. М. Томина, Ю. П. Анцух

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ ПРЕОБРАЗОВАННОСТИ ВОДОСБОРОВ МАЛЫХ РЕК г. МИНСКА

Методом «взвешенных» баллов на основании функционального использования территории оценена антропогенная нарушенность водосборов рек г. Минска. В качестве типологической единицы оценки антропогенной преобразованности территорий использован бассейн малой реки.

Современный город представляет собой интегральное сочетание крайне разнообразных коммунально-бытовых, промышленных, транспортных и т.п. систем, оказывающих, несомненно, антропогенное воздействие на природный комплекс. В градостроительной практике для оценки антропогенной преобразованности территории была разработана методика на основе расчетов площадных коэффициентов, которые базируются на ранжировании земельного баланса природных и антропогенно преобразованных территорий (метод «взвешенных» баллов) [2, 4]. Методика применялась, как правило, при разработке проектов детальной планировки с целью определения оптимального сочетания территорий, формирующих поля загрязнения природных сред и saniрующих территорий. Однако, с экологической точки зрения, наиболее оправдано рассматривать не градостроительный район, а природную географическую единицу – водосбор реки [1, 3]. В работе на примере г. Минска оценено изменение функционального использования водосборов р. Свислочь и ее притоков (рр. Цна, Немига, Переспа, Слепянка, Дражня, Тростянка, Лошица и Мышка) с помощью количественных оценок – коэффициентов антропогенной нагрузки.

Различные виды природных и антропогенных ландшафтов водосбора неоднозначно влияют на состояние природных сред и экологическую обстановку. Метод «взвешенных» баллов был положен в основу проведенных исследований и адаптирован к функциональному использованию территории согласно градостроительным регламентам. Основными элементами экологической структуры площади водосбора являются три группы территорий, выполняющие различные экологические функции:

I – территории размещения объектов, формирующих поля загрязнений природных сред (техногенные и техногенно-природные ландшафты), согласно градостроительным регламентам, к ним относятся производственные зоны всех типов (П2-П5, СП), общественные зоны всех типов (О1, О1-сп, О2, О2-сп), многоэтажная жилая застройка (Жм(н-в), Жсм (с,в), Жсп);

II – территории размещения объектов, выполняющих ограниченные saniрующие функции (природно-техногенные ландшафты), согласно градостроительным регламентам к ним относятся усадебная жилая застройка всех типов (Жу-н, Жу-с, Жу-в);

III – территории размещения объектов, осуществляющих преимущественно saniрующие функции, согласно градостроительным регламентам к ним относятся ландшафтно-рекреационные зоны всех типов (ЛР1-4, ЛР-сп).

Для оценки уровня антропогенного воздействия используется показатель антропогенной нагрузки (Ан), который определяется в зависимости от состава земельных угодий и характера их хозяйственного использования в пределах водосбора.

Состояние ландшафтов водосбора и их возможность противостоять антропогенному воздействию оценивается рядом показателей:

- экологической стабильностью земель (Кэк.ст.);
- естественной защищенностью земель (Кест.з.).

Для определения величины показателя Ан все виды урбанизированных ландшафтов на водосборе сгруппированы по степени антропогенной нагрузки в 3 группы:

- высокая 5,0;
- умеренная 3,0;
- низкая 1,0.

Средневзвешенный балл Ан вычисляется по каждому ландшафтно-экологическому району и в целом по водосбору по формуле

$$A_n = \frac{A_{n1}\Phi_1 + A_{n2}\Phi_2 + \dots + A_{nn}\Phi_n}{\Phi_1 + \Phi_2 + \dots + \Phi_n},$$

где $A_{n1}, A_{n2} \dots A_{nn}$ – антропогенная нагрузка по видам урбанизированных ландшафтов, баллы; $\Phi_1, \Phi_2 \dots \Phi_n$ – площадь земель по видам урбанизированных ландшафтов, га.

Для определения коэффициента экологической стабильности Кэк.ст. все виды ландшафтов группируются в 3 группы в зависимости от коэффициента экологической стабильности

ландшафта, изменяющегося от 0,05 до 0,90 (табл. 1).

Средневзвешенный коэффициент экологической стабильности в целом по водосбору и по отдельным ландшафтно-экологическим районам рассчитывается так:

$$\text{Кэк.ст.} = \text{Кэк.ст.} \cdot \text{Кр.} = \frac{\text{Ку}_1\Phi_1 + \text{Ку}_2\Phi_2 + \dots + \text{Ку}_n\Phi_n}{\Phi_1 + \Phi_2 + \dots + \Phi_n} \text{Кр.},$$

где $\text{Ку}_1, \text{Ку}_2, \dots, \text{Ку}_n$ – коэффициенты экологической стабильности по видам ландшафтов; Кр. – коэффициент морфометрической стабильности рельефа: при $\text{Кэк.ст.} \leq 0,50$, $\text{Кр.} = 0,7$; при Кэк.ст. более 0,50, $\text{Кр.} = 1,0$.

Коэффициент естественной защищенности ландшафтов (Кест.з.) водосбора рассчитывается по формуле

$$\text{Кест.з.} = \frac{\text{Фэ.ф.}}{\text{Фобщ}},$$

где Фэ.ф. – площадь земель saniрующих территорий, га; Фобщ – площадь водосбора, га.

Площадь земель saniрующих территорий определяется следующим образом:

$$\text{Фэ.ф.} = 0,8 \text{ Фум} + \text{Фниз},$$

где Фум , Фниз – площади земель с умеренной и низкой степенями антропогенной нагрузки.

Уровень антропогенной преобразованности территории соответственно находим так:

$$\text{Уа.п.} = \text{Кэк.ст.} \cdot \text{Кест.з.} \cdot \text{Ан.}$$

Представленные оценки и расчеты по 4-м характеристикам экологического состояния ландшафтов водосборной территории водотока или водоема (Ан. , Кэк.ст. , Кест.з. , Уа.п.) позволяют экологически обосновать уровень современной антропогенной преобразованности территории, определить экологический потенциал и эколого-ориентированный путь планировочной организации территории водосбора.

Для г. Минска на ретроспективной схеме (1944 г.), условно принятой за естественное состояние гидрографической сети, определены локальные водоразделы и площади водосборов р. Свислочь (в пределах г. Минска) и ее притоков рр. Переспа, Немига, Лошица и Мышка, Цна, Слепянка, Дражня, Тростянка (рис. 1, табл. 2).

Таблица 1. «Взвешенные» баллы антропогенной преобразованности ландшафтов в пределах водосборов

Тип урбанизированного ландшафта	Вид урбанизированного ландшафта	Степень антропогенной нагрузки	Балл антропогенной нагрузки	Коэффициент экологической стабильности
I	Производственные зоны всех типов (П2-П5, СП), общественные зоны всех типов (О1, О1-сп, О2, О2-сп), многоэтажная жилая застройка (Жм(н-в), Жсм (с,в), Жсп)	Высшая	5,0	0,05
II	Усадебная жилая застройка всех типов (Жу-н, Жу-с, Жу-в)	Умеренная	3,0	0,50
III	Ландшафтно-рекреационные зоны всех типов (ЛР1-4, ЛР-сп)	Низкая	1,0	0,90

Таблица 2. Водосборные площади рек г. Минска в естественных условиях (по ретроспективным данным 1944 г.)

Река	Площадь водосбора, км ²	
	в перспективных границах г. Минска (согласно генеральному плану до 2030 г.)	в пределах современной Минской кольцевой автомобильной дороги
Лошица	30,8	20,7
Мышка	34,8	28,9
Цна	36,6	14,7
Переспа	15,9	15,9
Слепянка	63,7	44,6
Дражня	15,5	12,0
Тростянка	47,6	6,4
Сенница	17,0	–
Свислочь	135,2	86,2

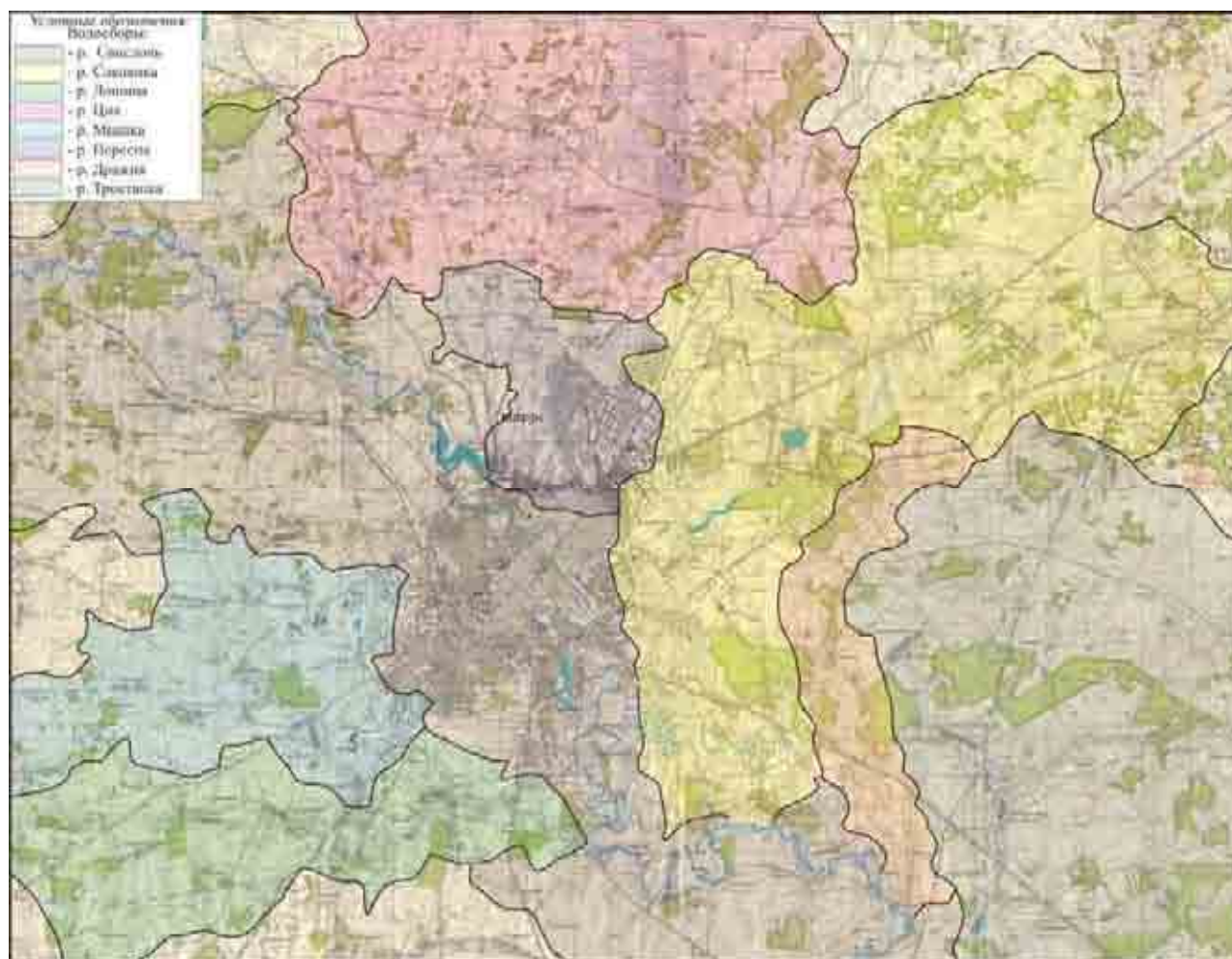


Рис. 1. Ретроспективная карта-схема бассейнов рек территории г. Минска (1944 г.)

Для условно естественных водосборов (по состоянию на 1944 г.) выполнен расчет величины показателя антропогенной нагрузки (Ан), коэффициента экологической стабильности

(Кэк.ст.) и коэффициента естественной защищенности (Кест.з.) по приведенной выше методике (табл. 3).

Таблица 3. Показатели антропогенной преобразованности по трансформированным в процессе урбанизации водосборам рек г. Минска

Река	Кэк.ст.	Ан	Кест.з.
Цна	0,87	1,03	0,89
Переспа	0,62	1,56	0,45
Слепянка	0,89	1,13	0,84
Добрая	0,90	1,01	0,82
Тростянка	0,90	1,09	0,80
Лошица	0,78	1,11	0,79
Мышка	0,75	1,13	0,77
Свислочь	0,67	1,87	0,43

При градостроительном освоении территории с реализацией инженерного благоустройства и отводом поверхностного стока системой дождевой канализации произошла трансформация размеров водосборов малых рек. Магистральные коллекторы отвода дождевого стока проложены, как правило, вдоль русел рек, а ветви остальных порядков отводят воду из искусственно преобразованной водосборной площади, т. е. система дождевой канализации привязана к естественной гидрографической сети, что обусловлено самостечным режимом ее работы.

Методами картографического анализа была построена карта-схема трансформации водосборных площадей на основе схемы дождевой канализации г. Минска (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что площади водосборов изменились: для Свислочи – увеличились на 20 %, Слепянки – уменьшились на 17 %, Лошицы – увеличились на 5 %, Мышки – уменьшились на 85 %, Дражни и Тростянки – увеличились в пределах 1–3 %.

Для водосборов малых рек, которые трансформировались в современных условиях, выполнен расчет Ан, Кэк.ст. и Кест.з. по приведенной выше методике. Данный расчет основан на анализе и количественной оценке функционального использования водосборных площадей малых рек г. Минска, согласно генеральному плану до 2030 г. (рис. 3).

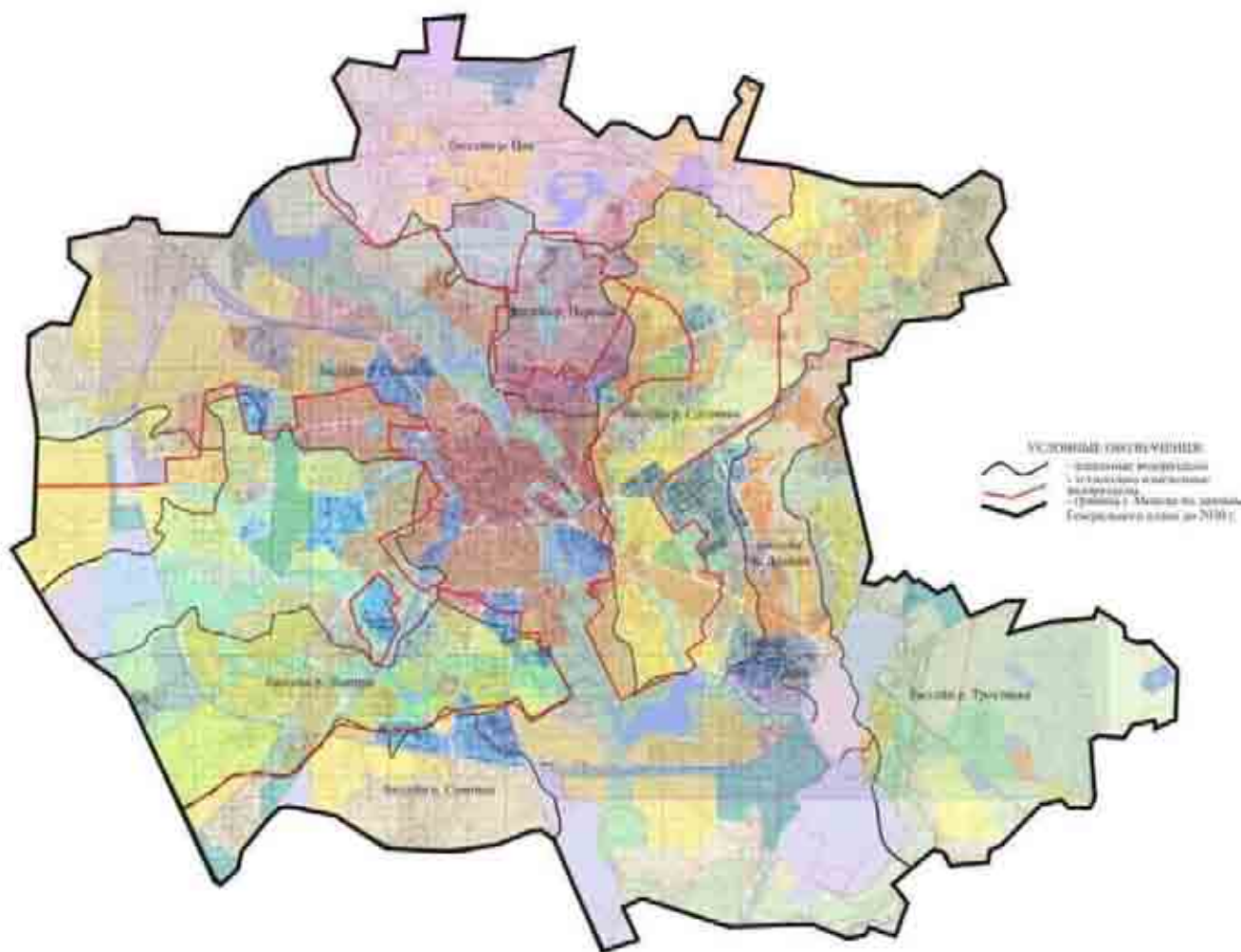


Рис. 2. Карта-схема трансформации бассейнов малых рек г. Минска

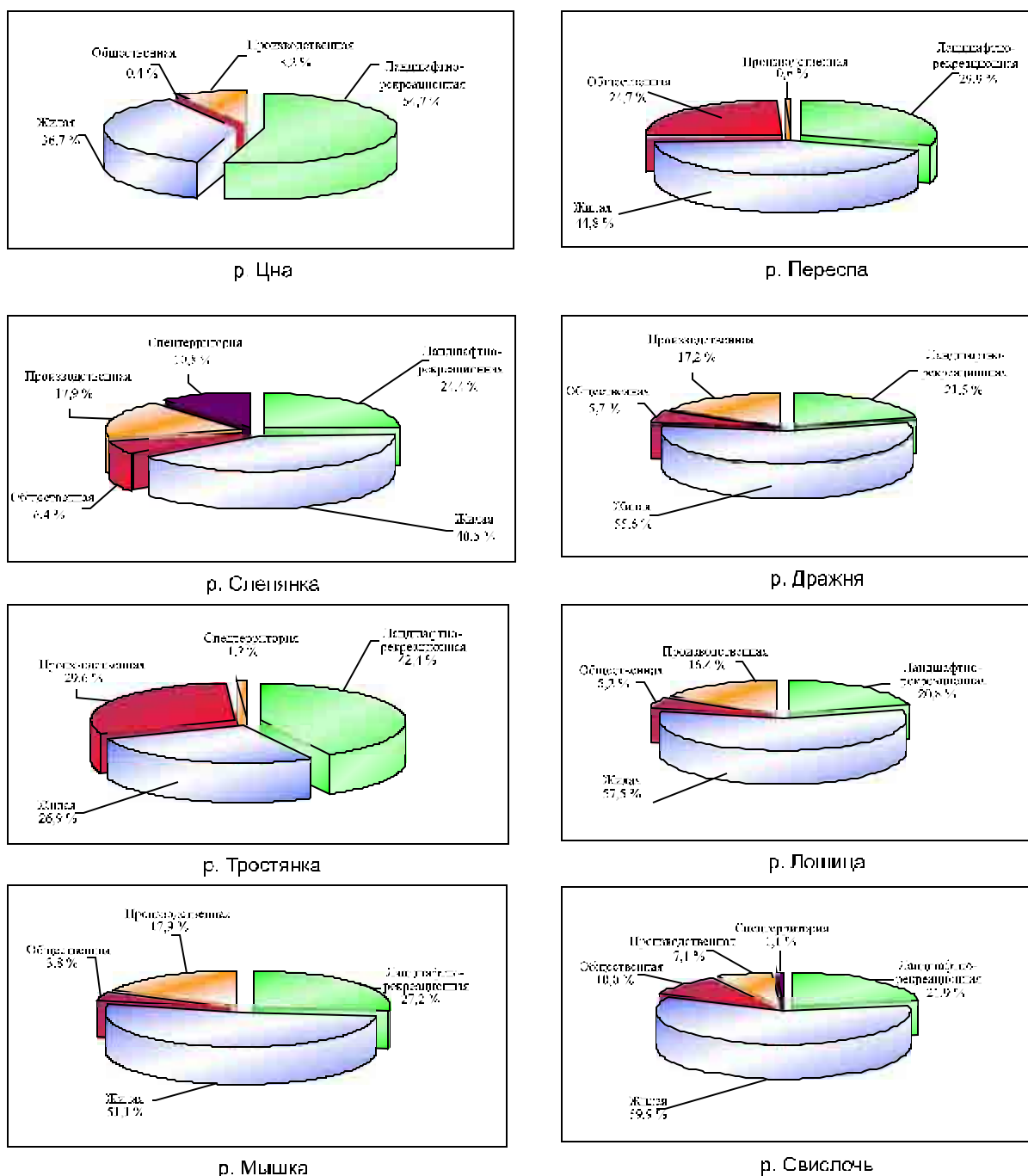


Рис. 3. Виды функциональных зон в водосборах рек в г. Минске

Результаты выполненных расчетов представлены в табл. 4.

Таблица 4. Значение показателей антропогенной преобразованности водосборов рек г. Минска

Река	К эк.ст.	Ан	К эк.з.
Цна	0,63	2,38	0,49
Переспя	0,38	4,02	0,21
Слепянка	0,36	3,53	0,20
Дразня	0,31	4,01	0,23
Тростянка	0,42	2,96	0,32
Лошица	0,23	4,39	0,21
Мышка	0,17	4,87	0,11
Свислочь	0,36	3,87	0,21

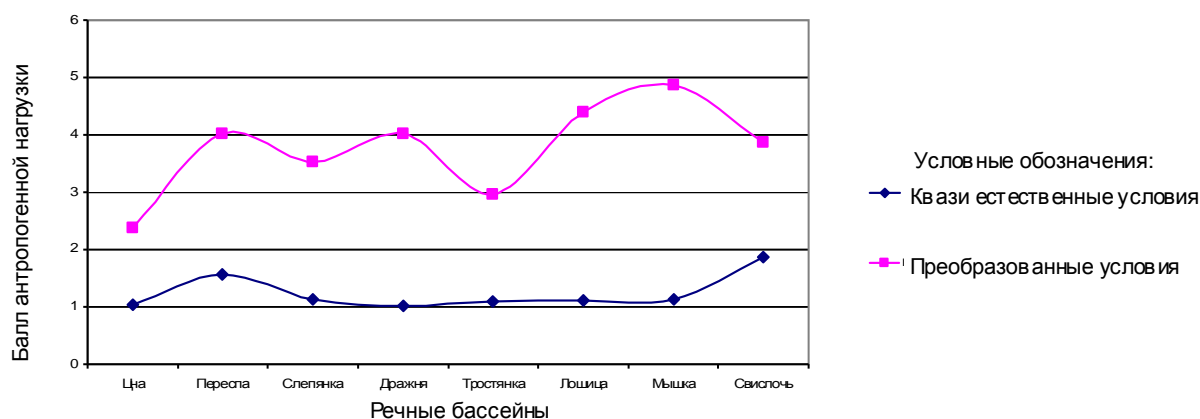


Рис. 4. Степень антропогенной нагрузки в естественных и преобразованных условиях

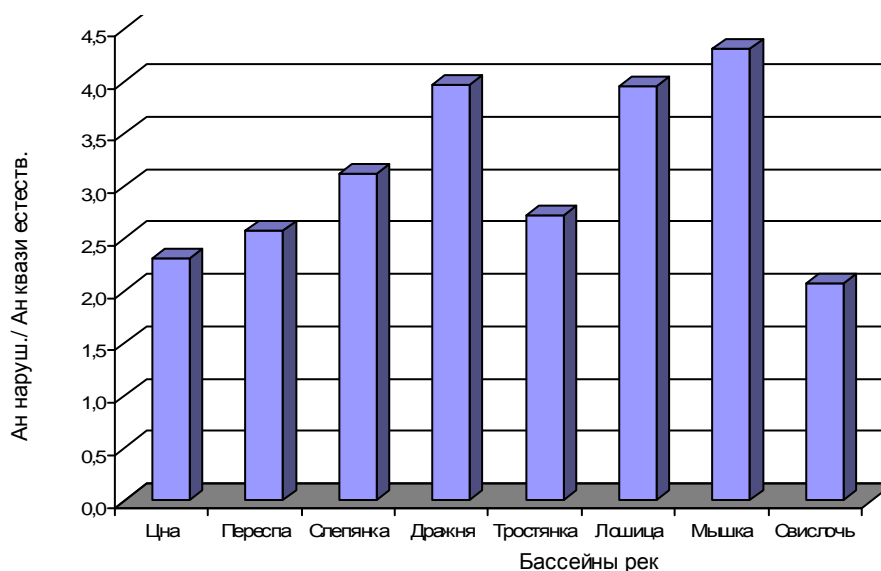


Рис. 5. Степень увеличения антропогенной нагрузки в бассейнах малых рек г. Минска за период 1944–2005 гг.

Проведенные исследования показали, что водосборные площади р. Свислочь и ее притоков (рр. Цна, Переспа, Слепянка, Дражня, Тростянка, Лошица и Мышка) в пределах г. Минска претерпели изменения при их градостроительном освоении (рис. 4). Это обусловлено развитием системы дождевой канализации [5]. Наибольшие изменения в сторону увеличения претерпели водосборы рек Свислочь, Дражня, Лошица, Цна; в сторону уменьшения – водосборы рек Переспа, Мышка, Слепянка, водосбор р. Тростянка практически не претерпел площадных изменений. Анализ структуры использования земель в пределах водосборов рек г. Минска в преобразованных в результате хозяйственной деятельности условиях показал, что высокой степенью антропо-

генной нагрузки характеризуются водосборы рек Лошица и Мышка, Дражня, Переспа ($A_n = 3,53 - 4,87$); средней – рр. Свислочь, Слепянка, Тростянка ($A_n = 2,96 - 3,87$); умеренной – р. Цна ($A_n = 2,38$) (рис. 5). По сравнению с квази естественным состоянием водосборов антропогенная преобразованность возросла в 2,1 (р. Свислочь) до 4,3 (р. Мышка) раза. Таким образом, при градостроительном освоении необходимо учитывать тот факт, что экологический потенциал близок к критическому на водосборах рр. Лошица и Мышка, Дражня, исчерпан – р. Переспа. Экологический резерв для освоения имеется у рр. Свислочь (северная часть города), Слепянка, Тростянка.

Литература

1. **Александров А. Г.** Оптимальные и адаптивные системы. М., 2003.
2. **Дыскин Б. М.** Экологические принципы организации белорусского региона. Минск, 1991.
3. **Корытный Л. М., Бардаш А. В., Богданов В. Н., Воробьев Н. В.** Географические аспекты обоснования развития агломерации «Большой Иркутск» // География и природные ресурсы. 2008. № 3. С. 103–110.
4. **Заикин Р. Н., Ребенок Л. В.** Территориальная организация природного комплекса // Инф. бюллетень № 1 / АН БССР. Минск, 1990. С. 7–24.
5. **Овчарова Е. П.** Поверхностный сток с территории города как фактор трансформации гидрологического режима принимающего водотока // Природопользование. Минск, 2006. Вып. 12. С. 45–51.

Институт природопользования НАН Беларуси

О. Г. Савич-Шемет, Н. М. Томина, Ю. П. Анцух

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ ПРЕОБРАЗОВАННОСТИ ВОДОСБОРОВ МАЛЫХ РЕК г. МИНСКА

В пределах водосборов малых рек г. Минска методом «взвешенных» баллов на основании функционального использования территории оценена антропогенная преобразованность их водосборов. Проведенные исследования показали, что водосборные площади р. Свислочь и ее притоков (рр. Цна, Переспа, Слепянка, Дrajня, Тростянка, Лошица и Мышка) в пределах г. Минска претерпели изменения при их градостроительном освоении. Это обусловлено развитием системы дождевой канализации. Наибольшие изменения в сторону увеличения претерпели водосборы рек Свислочь, Дrajня, Лошица, Цна; в сторону уменьшения – водосборы рек Переспа, Мышка, Слепянка, водосбор р. Тростянка практически не претерпел площадных изменений. Анализ структуры использования земель в пределах водосборов рек г. Минска в преобразованных в результате хозяйственной деятельности условиях показал, что высокой степенью антропогенной нагрузки характеризуются водосборы рек Лошица и Мышка, Дrajня, Переспа; средней – рр. Свислочь, Слепянка, Тростянка; умеренной – р. Цна. По сравнению с квази естественным состоянием водосборов антропогенная преобразованность возросла в 2,1 (р. Свислочь) до 4,3 (р. Мышка) раза. При градостроительном освоении необходимо учитывать тот факт, что экологический потенциал близок к критическому на водосборах рр. Лошица и Мышка, Дrajня, исчерпан – р. Переспа. Экологический резерв для освоения имеется в водосборах рек Свислочь (северная часть города), Слепянка, Тростянка.

O. G. Savich-Shemet, N. M. Tomina, Yu. P. Antsukh

ESTIMATION OF ANTHROPOGENIC SMALL RIVERS WATER CATCHMENTS REORGANIZATION MINSK

Within reservoirs of small rivers of Minsk by method of «weighed» points on the basis of functional use of territory an anthropogenic reorganization of their reservoirs has been assessed. The carried out researches have shown, that reservoir areas of river Svisloch and its inflows (rivers Tsna, Perespa, Slepianka, Drazhnya, Trostyanka, Loshchitsa and Myshka) within Minsk city have undergone changes at their town-planning development. It is caused by the development of system of the rain water drain. The greatest changes towards the increase have undergone reservoirs of the rivers Svisloch, Drazhnya, Loshchitsa, Tsna; towards reduction – reservoirs of the rivers Perespa, Myshka, Slepianka, the reservoir of river Trostyanka practically has not undergone the area changes. The analysis of structure of lands use within reservoirs of Minsk rivers in the conditions transformed as a result of economic activities has shown, that high degree of anthropogenic loading characterizes reservoirs of the rivers Loshchitsa and Myshka, Drazhnya, Perespa; average – rivers Svisloch, Slepianka, Trostyanka; moderated – river Tsna. In comparison to quasi-natural condition of reservoirs, anthropogenic reorganization has increased 2,1 (the Svisloch) to 4,3 (the Myshka) time. Making town-planning development it is necessary to consider the fact, that ecological potential is near-critical on reservoirs of rivers Loshchitsa and Myshka, Drazhnya; exhausted – on river Perespa. Ecological reserve for development is available at rivers Svisloch (northern part of a city), Slepianka, Trostyanka.

М. И. Струк

ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЗМЕЩЕНИЯ КРУПНОГО ТЕХНОГЕННОГО ОБЪЕКТА

Представлен методический подход к оценке размещения крупного техногенного объекта, основанный на характеристике его эколого-географического положения, определяемого с последовательным применением ландшафтно-географического, ландшафтно-геохимического, бассейнового критериев, а также критерия эколого-ресурсной неоднородности территории. С помощью этих критериев, выполнена оценка конкретного пункта размещения объекта в Восточно-Белорусской ландшафтной провинции.

К числу основных факторов, определяющих выбор места размещения крупного техногенного объекта, относится фактор безопасности. При этом понятие безопасности трактуется комплексно.

Во-первых, оно предусматривает безопасность функционирования самого объекта, во-вторых – безопасность для населения и окружающей среды при его строительстве и эксплуатации.

Научное обеспечение первого из отмеченных видов безопасности ориентировано на выявление особенностей сейсмических условий и устойчивости грунтов в районе размещения объекта, а также распространения в его пределах опасных природных явлений (наводнения, ураганы и др). Оно должно опираться преимущественно на геологические, гидрологические и метеорологические исследования. Их содержание регламентировано существующими строительными нормами [21–23].

Второй вид безопасности связан с оценкой возможных изменений окружающей природной среды в указанном районе и в большей мере ориентирован на биологические и комплексные географические изыскания. Объектом биологических исследований выступает растительный и животный мир, географических – природные комплексы.

Биологические исследования опираются на имеющуюся достаточно детальную нормативную базу. Ее основу составляют Лесной кодекс, а также законодательные акты об особо охраняемых природных территориях, о растительном и животном мире. В них отражены требования к охране растительности и животного мира при хозяйственном освоении природных комплексов [9, 12–14].

Применительно к комплексным географическим исследованиям подобного рода законодательного обеспечения не существует. Вместе с тем они необходимы, что обусловлено двумя основными причинами.

Первая причина заключается в том, что всякие разработки по охране отдельных компонентов природной среды (растений, животных, почв и др.) следует проводить с учетом того, что

они являются составными частями природных комплексов.

Вторая причина вытекает из самого содержания экологических изысканий по размещению техногенных объектов, которые не ограничиваются только отдельными природными компонентами. Они включают в себя оценку всего природно-ресурсного потенциала района размещения, его экологического состояния, устойчивости природной среды к внешним воздействиям, а также установление зоны влияния сооружаемого объекта на окружающую среду [1, 3, 15].

Получить подобную оценку без использования географических моделей организации природной среды вряд ли возможно. В качестве таковых обычно используются ландшафтная [4] и бассейновая [6] модели. При этом основное внимание уделяется вопросам устойчивости выделяемых природных комплексов к техногенным воздействиям. Подобного рода вопросы применительно к устойчивости ландшафтов рассматривались и в Беларуси [10, 24].

При наличии довольно детального методического обеспечения ландшафтного и бассейнового подходов к оценке воздействий на окружающую среду, недостаточно проработанными являются важные для определения экологических условий района размещения крупного техногенного объекта вопросы учета его эколого-ресурсной неоднородности. Соответственно, нужен обобщающий эколого-географический подход, обеспечивающий применение указанных географических моделей дифференциации территории в сочетании с выявлением ее эколого-ресурсной неоднородности.

Целью исследования явилась разработка указанного подхода. Для ее достижения решались задачи по обоснованию набора эколого-географических критериев оценки пригодности территории для размещения крупного техногенного объекта и получению такой оценки на примере конкретной территории по каждому из критериев, а также их совокупности.

Методическое обоснование исследования. Исходя из решаемых задач, методологическую основу исследования составило совместное

использование двух географических концепций, природно-технической системы [18, 19] и эколого-географического положения региона [5] соответственно. Первая из них направлена на изучение взаимодействия технических сооружений с окружающей средой. Ее исходная модель организована по схеме: «хозяин – дом», в которой техническое сооружение занимает центральное положение (хозяин), а прилегающие к нему природные комплексы рассматриваются как его внешняя среда (дом). Для выявления взаимного влияния сооружения на среду и наоборот предполагается использовать различные географические модели дифференциации территории.

Концепция эколого-географического положения региона ориентирована на выявление его экологических свойств. Для этого изучаются следующие признаки:

- экологические функции региона;
- устойчивость его природной среды к внешним воздействиям;
- пространственное распределение в регионе реципиентов воздействия – населения, материальных и культурных ценностей, уникальных природных ландшафтов;
- внешние источники экологической опасности;
- каналы и барьеры распространения экологической опасности.

Оценка эколого-географического положения техногенного объекта по приведенным признакам с использованием модели природно-технической системы должна обеспечить установление эколого-ресурсной значимости территории, отводимой под строительство, а также определение ее положения в системе вещество-энергетических потоков. Последнее нужно для того, чтобы выявить возможные зоны влияния создаваемого объекта на окружающие территории и, наоборот, влияние окружающих территорий – на объект.

Получение указанной оценки предполагает использование таких географических моделей дифференциации пространства, как ландшафтно-географическая, ландшафтно-геохимическая, бассейновая, а также модели природного каркаса.

Первая из них нужна для определения природно-ресурсного потенциала и устойчивости территории к ожидаемым внешним воздействиям; вторая – для выявления путей миграции и концентрации загрязняющих веществ; третья – для установления водоемов или водотоков, которые будут подвержены воздействиям; четвертая – для определения ущерба биологическому и ландшафтному разнообразию, а также средо- и ресурсовоспроизводящим свойствам природных комплексов в связи со строительством объекта в данном месте.

С помощью приведенной исследователь-

ской схемы выполнена оценка пригодности конкретного пункта на территории Могилевской области к размещению атомной электростанции. В соответствии с нормативными требованиями [25], район изысканий охватил 30-километровую зону вокруг него.

Ландшафтный критерий. Ландшафтный критерий предполагает оценку структуры и устойчивости ландшафтов, а также их природно-ресурсного потенциала.

Структура ландшафтов. В природно-ландшафтном отношении рассматриваемая территория расположена целиком в пределах одной ландшафтной провинции – Восточно-Белорусской вторично-моренных ландшафтов с широколиственно-еловыми и еловыми лесами на дерново-подзолистых и дерново-палево-подзолистых почвах [7]. Согласно схеме ландшафтного районирования, здесь выделяются три ландшафтных района: Горецко-Мстиславский лессовый с широколиственно-еловыми лесами (восточная часть); Оршанский лессовый с широколиственно-еловыми и еловыми лесами (северная и северо-западная часть); Шкловский вторичноморенный с еловыми и широколиственно-еловыми лесами (южная и юго-западная часть).

В Горецко-Мстиславском лессовом ландшафтном районе доминируют волнисто-западные ландшафты [8]. Особенностью их поверхности является обилие образовавшихся в результате суффозионных процессов западин, занятых закустаренными осоковыми лугами. Вторыми по площади распространения выступают волнисто-увалистые ландшафты.

В Оршанском лессовом ландшафтном районе преобладают платообразные природные комплексы. Также распространены мелкохолмистые, мелкохолмисто-увалистые и волнисто-увалистые ландшафты, для которых характерны незначительная мощность лессовидных отложений и более расчлененный рельеф. По сравнению с Горецко-Мстиславским районом здесь больше заболоченных почв, приуроченных к нижним частям склонов моренных холмов и ложбинам стока, но значительно меньше суффозионных западин.

В Шкловском ландшафтном районе преобладают средневысотные вторичноморенные ландшафты с волнистым, местами холмисто-волнистым и платообразным рельефом, расчлененным оврагами и балками. Здесь господствуют природные комплексы с покровом лессовидных суглинков.

Всего в 30-километровой зоне выделяется 5 родов и 7 видов ландшафтов. Для отображения их пространственного распределения составлена соответствующая картосхема (рис. 1). В ее основу положена ландшафтная карта Белорусской ССР М 1:600 000, которая уточнена с использованием топографической, геологической, почвенной карт и карты растительности.

В целом на всей исследуемой территории преобладают лессовые и вторичноморенные ландшафты, на долю первых приходится 46 %, на долю вторых – 35 % площади. Распространение речных долин, вторичных водно-ледниковых ландшафтов и нерасчлененных комплексов составляет соответственно 13; 5 и 1 %.

Сама площадка размещения объекта расположена в пределах двух видов ландшафтов – вторичноморенных с покровом лессовидных суглинков волнистых и вторичноморенных с покровом

вом лессовидных суглинков холмисто-волнистых. Оба они по сравнению с лессовыми ландшафтами являются более устойчивыми к внешним воздействиям. Поэтому ведение здесь строительных работ в меньшей мере способно вызвать неблагоприятные процессы активизации плоскостной и линейной эрозии. Следовательно, по критерию устойчивости природных комплексов к внешним воздействиям выбранное место размещения объекта для данного региона может рассматриваться как оптимальное.

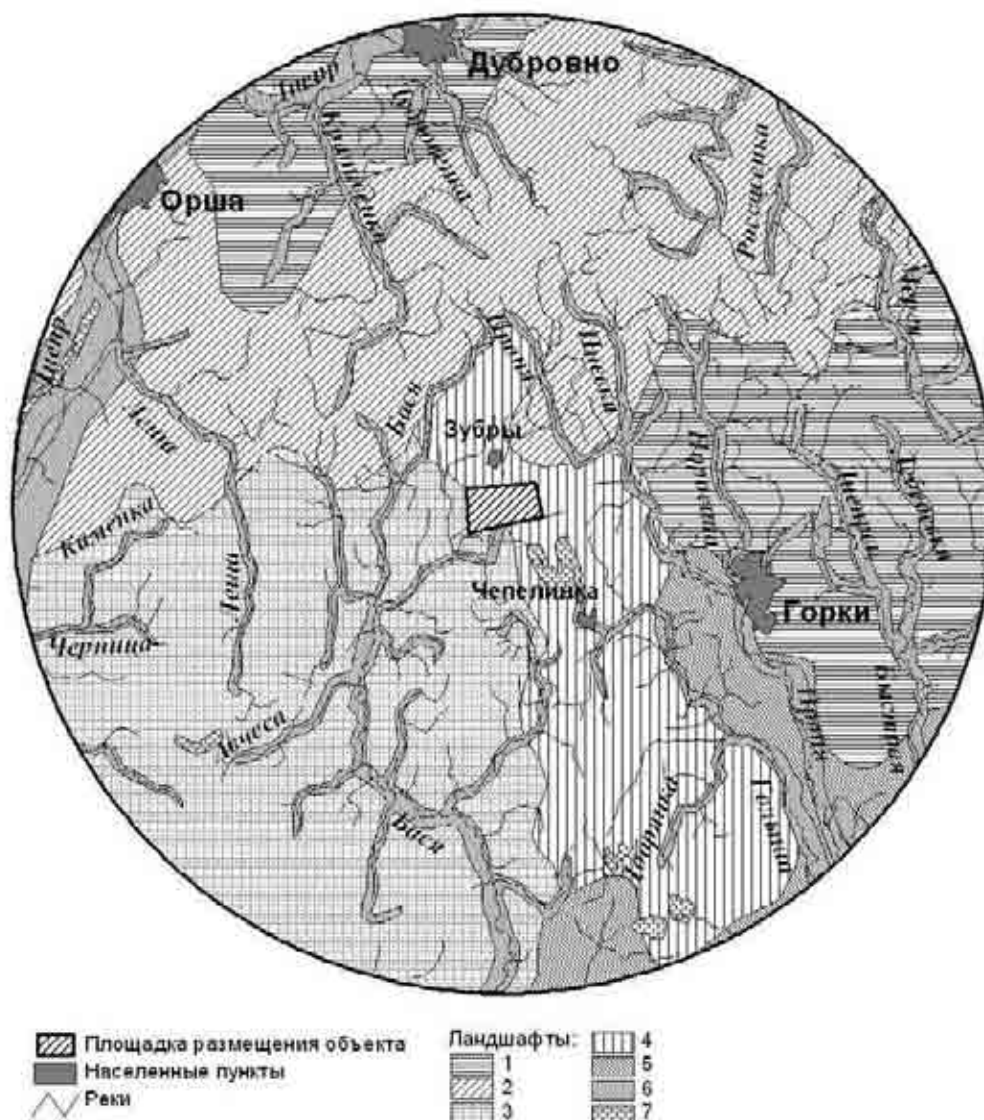


Рис. 1. 30-километровая зона размещения объекта. Ландшафты: лесовые с покровом лессовидных суглинков: 1 – волнисто-увалистые, 2 – платообразные; вторично-моренные с покровом лессовидных суглинков: 3 – волнистые, 4 – холмисто-волнистые; 5 – вторичные водно-ледниковые; 6 – речные долины; 7 – нерасчлененные комплексы с преобладанием болот

Природно-ресурсный потенциал ландшафтов. Рассмотрены такие составляющие природно-ресурсного потенциала ландшафтов, как сельскохозяйственный, минерально-сырьевой, рекреационный и биотический.

Среди свойств ландшафтов, определяю-

щих их пригодность для сельского хозяйства, ведущими являются геоморфологические и почвенные характеристики, а также условия увлажнения. Преобладающие в 30-километровой зоне лессовые и вторичноморенные ландшафты с покровом лессовидных суглинков отличаются вы-

Минерально-сырьевой потенциал ландшафтов 30-километровой зоны формируют месторождения таких видов полезных ископаемых, как строительное сырье и торф. Однако вследствие специфики ландшафтной структуры их запасы здесь невелики.

Строительное сырье представлено одним месторождением строительных песков – Копысь и одним месторождением гравийно-песчаных пород – Малые Аниковичи. Первое из них расположено в Шкловском районе. Оно не разрабатывается. Мощность вскрышных пород на нем составляет 0–8 м, а мощность полезного ископаемого – 2–30 м [16]. Объем балансовых запасов по промышленным категориям – 6443 м³. Строительные пески месторождения пригодны для приготовления бетона, строительных растворов и дорожного строительства, что обуславливает возможность их использования в случае строительства объекта.

Месторождение Малые Аниковичи расположено в Горецком районе. Оно частично выработано. Добыча сырья ведется в небольших объемах для местных нужд.

Отложения торфа связаны с болотными ландшафтами. В пределах 30-километровой зоны размещения объекта болота распространены мало. Большинство из них расположено в восточной, западной и южной частях зоны на расстоянии около 25 км от площадки. Однако наиболее крупное месторождение – Чепелинка – находится в центральной части, вблизи площадки (удаление менее 3 км).

Большинство месторождений в настоящее время заняты лесом или сельскохозяйственными угодьями. Выработанных торфяников в заброшенном состоянии, которые могли бы представлять пожарную угрозу, не обнаружено.

Внутри физико-географических районов рекреационные характеристики различаются в зависимости от свойств слагающих их ландшафтов. По глубине и густоте расчленения рельефа среди имеющихся в пределах 30-километровой зоны размещения АЭС ландшафтов, самыми высокими показателями выделяются лессовые ландшафты. Далее следуют вторичноморенные и вторичные водно-ледниковые. Наиболее низкое расчленение имеют ландшафты пойменные, ландшафты речных долин и болотные. В отмеченной последовательности будет снижаться и рекреационная пригодность ландшафтов. Особенно привлекательными для рекреации являются места сочетания залесенных ландшафтов со сложным рельефом и водоемов. В таких местах, как правило, и формируются основные зоны отдыха. Рассматриваемый регион не выделяется большим числом мест, пригодных для отдыха, вследствие высокой степени его хозяйственной освоенности.

В пределах данного региона нет крупных зон отдыха республиканского значения. Здесь размещаются только рекреационные зоны и объекты местного значения, предназначенные для отдыха жителей городов Орши, Горок, Дубровно, Шклова. Они расположены на небольшом удалении от этих городов. Соответственно, их удаление от площадки составляет более 10 км, и строительство объекта не окажет на рекреационные зоны неблагоприятного влияния.

Основным источником биотического природно-ресурсного потенциала ландшафтов 30-километровой зоны выступают, главным образом, леса. Лесная растительность занимает здесь лишь 20 % территории, что почти в 2 раза меньше среднего для страны показателя. Леса располагаются фрагментарно и не образуют больших массивов (рис. 2). Доминирование лесовидных суглинков в составе почвообразующих пород лесных земель региона обуславливает специфику породного состава и продуктивности распространенной здесь лесной растительности. В отличие от формационного состава лесов Беларуси, в котором ведущее положение принадлежит сосновым лесам, занимающим половину лесных угодий, а еловым принадлежит лишь 10 % их площади, в структуре лесной растительности 30-километровой зоны преобладает еловая формация – 57 % всех лесов, в то время как доля сосновой – только 15 %.

Богатые лесные эдафотопы региона служат причиной высокой продуктивности древостоев. Доля лесов I, Ia и Ib классов бонитета составляет здесь 82 %.

Территория площадки строительства приходится частично на сельскохозяйственные земли и частично на продуктивные широколиственно-еловые, широколиственно-сосново-еловые и березовые леса. Их вырубка приведет к значимым ресурсным потерям.

Ландшафтно-геохимический критерий. Ландшафтно-геохимическими условиями территории определяется пространственное распределение загрязнения в ее пределах. Материалами для построения ландшафтно-геохимической карты 30-километровой зоны послужили топографическая карта, карта географических ландшафтов, геологическая, почвенная, карта растительности. Всего выделены четыре типа элементарных ландшафтов – элювиальный, элювиально-аккумулятивный, супераквальный и трансупераквальный.

На рассматриваемой территории элювиальные ландшафты приурочены к плоским обширным водоразделам лессовых, вторичноморенных, вторичных водно-ледниковых географических ландшафтов. Они обладают средней сорбционной способностью к накоплению вещества и средней емкостью аккумуляции химических элементов. Большинство химических эле-

ментов интенсивно выщелачивается и выносится поверхностным и грунтовым стоком в геохимически подчиненные ландшафты.

Элювиально-аккумулятивные ландшафты приурочены к понижениям и распространены в пределах тех же географических ландшафтов, что и элювиальные. Они занимают ложбины и нижние части склонов с полугидроморфными почвами. Для них характерно сочетание выноса вещества с грунтовыми водами и накопления продуктов выветривания, что связано с замедлением водной и механической миграции, а также с изменением подвижности элементов на глеевом барьере полугидроморфных почв.

Супераквальные ландшафты исследуемой территории – это природные комплексы низинных, переходных и верховых болот. К гидроморфным торфяно-болотным почвам приурочены глеевый, сорбционный и биогеохимический (торфяной) барьеры, на которых аккумулируются многие элементы, выщелоченные из почв и пород водоразделов.

Транссупераквальные ландшафты пойм рек отличаются своеобразием геохимической обстановки: большую часть года поймы находятся в надводных условиях, во время паводков – в подводных. Это приводит к периодической смене окислительно-восстановительных условий и, соответственно, к изменению подвижности элементов. Среди аллювиальных почв транссупераквальных ландшафтов преобладают торфяно-болотные и дерновые глеевые почвы. В почвах и растительности речных пойм аккумуляция химических элементов превалирует над их выносом.

В пределах изучаемой 30-километровой зоны преобладают элювиальные ландшафты, занимая более половины ее территории. Это обусловлено широким распространением выровненных, хорошо дренированных водоразделов, с глубоким залеганием грунтовых вод. Структура геохимических ландшафтов связана с общими особенностями размещения здесь природных комплексов. Так, наиболее обширные выделы элювиальных ландшафтов приурочены к северной и западной частям исследуемой зоны. Элювиально-аккумулятивные ландшафты геохимически сопряжены с элювиальными, поэтому граничат с ними. Потоками вещества данные ландшафты связаны также с ландшафтами речных долин и болот, поэтому они часто примыкают к ландшафтам транссупераквального и супераквального типов.

Элювиально-аккумулятивные ландшафты наиболее распространены в центральной и южной частях зоны. Транссупераквальные ландшафты пойм пересекают территорию в различных направлениях в виде узких полос вдоль элементов речной сети. Супераквальные ландшафты болот сосредоточены, в основном, в восточной части зоны.

Непосредственно к площадке с восточной и южной стороны примыкают супераквальные ландшафты. Они обладают самой высокой сорбционной способностью, поэтому именно здесь и следует ожидать максимального накопления загрязняющих веществ при строительстве объекта.

Бассейновый критерий оценки. Водотоки территории 30-километровой зоны входят в систему водосборного бассейна р. Днепр. Внутри него выделяется бассейн крупного притока Днепра – р. Сож. По территории зоны проходит водораздел между двумя этими бассейнами (рис. 3).

Днепр является единственным в границах зоны водотоком, который относится к большим по протяженности рекам (длиной более 500 км). Остальные реки относятся к категории малых (длиной до 200 км). Основными притоками Днепра являются Дубровенка, Леща, Черница и др.

Водосборный бассейн Сожа представлен бассейнами своих притоков рек Прони и Баси. Оба этих бассейна в пределах 30-километровой зоны имеют примерно равную площадь и вместе занимают больше половины ее территории. Остальная ее часть приходится на бассейн Днепра и его притоков.

Сама площадка размещения АЭС относится к водосборному бассейну р. Бася, который является составной частью бассейна более высокого порядка – р. Прони и высшего порядка – р. Сож. Территорию площадки пересекает р. Полна, приток р. Голубины, являющейся притоком р. Бася. Строительство объекта окажет влияние именно на эти реки.

Подверженность рек внешним воздействиям зависит от их величины. Дифференцировать реки по величине можно с помощью нисходящей бонитировки Хортон-Штралера. Классификационным критерием в ней является порядок речной системы. Самые малые неразветвленные ее элементы относятся к 1-му порядку, далее при слиянии однопорядковых притоков, порядок системы последовательно увеличивается на единицу. Таким образом, в каждый порядок будут попадать речные системы с близкими гидрографическими характеристиками и сходной устойчивостью к техногенным воздействиям.

В пределах 30-километровой зоны представлены речные системы 1–5-го порядков. Рекой 5-го порядка является Днепр, рекой 4-го – Проня, 3-го порядка – 15 рек (Бася, Быстрая, Поросица, Голыша и др.), остальные реки относятся к рекам 1–2-го порядков. Численно преобладают малые реки 1–2-го порядков, которые являются наименее устойчивыми к техногенным воздействиям, осуществляемым на их водосборах. Ведение строительных работ на площадке способно оказать непосредственное влияние на реки Кулаженка и Полна, которые являются водотоками 2-го порядка и в бассейнах которых находится площадка.

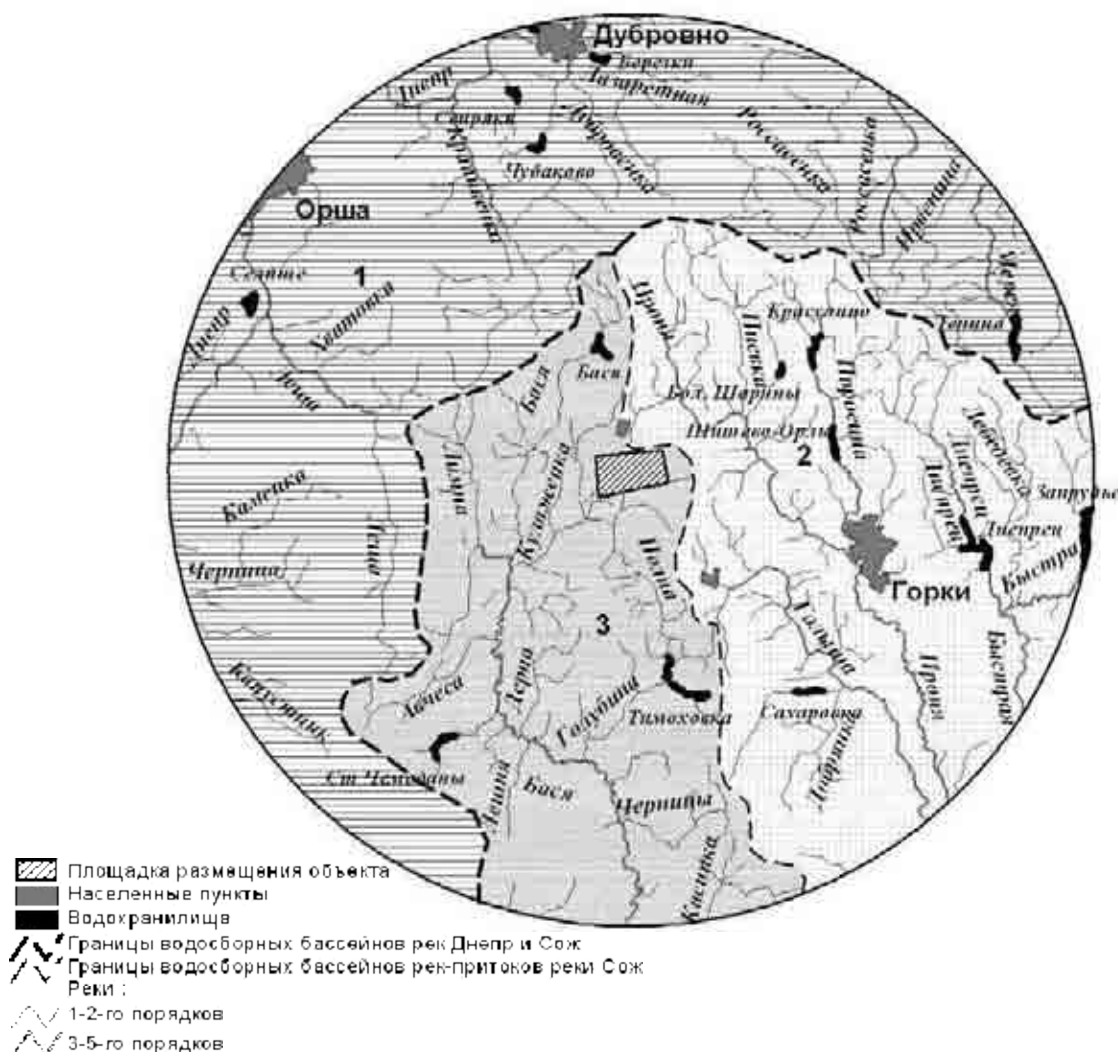


Рис. 3. Гидросеть и водосборные бассейны 30-километровой зоны размещения объекта. Водосборные бассейны рек: 1 – Днепр, 2 – Проня, 3 – Бася

Неблагоприятные для рек последствия в связи с оказываемыми на них внешними воздействиями зависят от их природно-ресурсного потенциала, в частности его биотической составляющей. Ценность последней, очевидно, должна определяться рыбопродуктивностью рек и наличием охраняемых видов.

Для оценки рыбохозяйственной значимости рек можно использовать Республиканскую комплексную схему размещения рыболовных угодий, утвержденную Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 20.02.07, № 220. Из всех рек, протекающих в 30-километровой зоне, в состав данной схемы включены только 7 из них. Это Днепр (река самой высокой – 1-й категории), притоки Дняпра: Капусник, Черница (3-я категория), реки бассейна Сожа: Проня, Авчеса, Чавенка, Березовка (3-я категория).

Реки Кулаженка и Полна, в бассейнах которых находится площадка, в указанный перечень не вошли, что свидетельствует об их невысокой рыбохозяйственной ценности. На реки же, отнесенные к рыболовным угодьям, прямого влияния строительство оказывать не будет. Сле-

довательно, положение площадки по бассейновому критерию можно оценить как удовлетворительное.

Критерий экологической неоднородности. Экологическая ценность территории должна определяться по ее роли в формировании состояния окружающей среды, а также сохранении природного равновесия, ландшафтного и биологического разнообразия. Оценивая экологическую значимость расположенных в пределах территории различных природных комплексов, следует исходить из представления о природном каркасе как оптимальной модели их пространственной организации. В этом случае, установив положение соответствующего природного комплекса в схеме природного каркаса, можно определить его экологическую ценность.

Вместе с тем получение указанной оценки осложнено из-за того, что целостная схема природного каркаса для территории Беларуси пока не разработана. Очевидно, что необходимо или строить ее для рассматриваемого района гипотетически, опираться на известные общие принципы организации такого каркаса или ориентироваться на

выделяемую в Государственной схеме комплексной территориальной организации Республики Беларусь Национальную экологическую сеть как важнейшую составную часть природного каркаса [2].

Для определения экологической значимости природных комплексов территории можно использовать также формальные показатели отнесения тех или иных из них к категории охраняемых, имея в виду, что наличие подобного статуса уже является свидетельством их высокой ценности. Кроме того, для выявления роли природных комплексов территории в сохранении экологического равновесия нужны и балансовые расчеты соотношений естественных и измененных хозяйственной деятельностью угодий в ее пределах.

Рассматриваемая 30-километровая зона характеризуется высоким уровнем хозяйственного освоения. Ее лесистость составляет лишь 20 %. Это на 10 % ниже минимального порогового значения оптимальной лесистости [11], что свидетельствует о напряженном состоянии здесь экологического равновесия. Таким образом, высокую экологическую значимость на данной территории будут иметь все природные комплексы независимо от их размещения. И нарушения их, особенно лесов, способны ухудшить ситуацию с сохранением экологического равновесия.

В пределах 30-километровой зоны не существует особо охраняемых природных территорий республиканского значения ранга заповедников, национальных парков, заказников. Из объектов такого значения здесь находится только один памятник природы (дендропарк в г. Горки). В зоне расположены также 9 заказников и 2 памятника природы местного значения. Они занимают около 3 % ее площади.

На рассматриваемой территории не сохранилось крупных природных комплексов, перспективных для создания экологических ядер национального уровня в будущем. Вместе с тем по ней проходит экологический коридор национальной экологической сети, который пересекает территорию примерно посередине в направлении с северо-запада на юго-восток, и сама площадка находится в его центральной части.

В составе лесов более значимыми в экологическом отношении являются те из них, которые относятся к I группе лесопользования. Таковыми являются леса водоохраных и защитных полос вдоль дорог, зеленых зон городов, особо охра-

няемых природных территорий. В 30-километровой зоне они занимают 55 % лесопокрываемой площади, что на 5 % выше среднего для Беларуси показателя. Планируемая площадка строительства заходит в пределы гидрологического заказника местного значения, представленного заболоченным лесом I группы.

Выводы. Выполненная по совокупности критериев: ландшафтного, ландшафтно-геохимического, бассейнового, эколого-ресурсной неоднородности оценка пригодности рассматриваемого пункта для строительства крупного техногенного объекта позволила установить наличие здесь как благоприятных, так и неблагоприятных факторов его размещения. К первым из них относятся:

- более высокая устойчивость вторично-моренных ландшафтов планируемой площадки строительства к внешним воздействиям по сравнению с преобладающими в регионе лессовыми ландшафтами, что в меньшей мере способно вызывать неблагоприятные геологические процессы, связанные с активизацией плоскостной и линейной эрозии;

- относительно невысокая рыбохозяйственная значимость водоемов, в водосборных бассейнах которых располагается площадка.

Неблагоприятными для размещения объекта являются следующие факторы:

- высокая степень хозяйственного освоения и низкая лесистость района размещения объекта, создающая угрозу нарушения экологического равновесия при вырубке части лесов при ведении строительных работ;

- нарушение целостности экологического коридора национальной экологической сети в связи с размещением в его пределах площадки строительства объекта;

- угроза ликвидации гидрологического заказника местного значения в связи с изъятием под застройку части его земель.

В результате, при принятии решения о выборе рассматриваемого пункта для размещения объекта понадобится реализовать компенсационные меры по предотвращению указанных негативных экологических последствий. Они могут быть связаны с дополнительными лесопосадками в районе, изменением направления экологического коридора, созданием нового заказника.

Литература

1. Геоэкологические принципы проектирования природно-технических систем. М., 1987.
2. Государственная схема комплексной территориальной организации Республики Беларусь (основные положения). Минск, 2001.
3. Дзяконов К. Н., Дончева А. В. Экологическое планирование и экспертиза. М., 2002.
4. Исаченко А. Г. Оптимизация природной среды. М., 1980.
5. Ключев Н. Н. Эколого-географическое положение России и ее регионов. М., 1996.
6. Корытный Л. М. Бассейновая концепция в природопользовании. Иркутск, 2001.
7. Ландшафтная карта Белорусской ССР. Масштаб 1:600000. ГУГК. М., 1984.
8. Ландшафты Белоруссии / Под ред. Г. И. Марцинкевича, Н. К. Клицуновой. Минск, 1989.
9. Лесной кодекс Республики Беларусь // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2000, № 70, 2/195.

10. **Марцинкевич Г. И.** Градостроительство и архитектура: современность и перспективы. Ч. 1. Минск, 1998. С. 51–56.
11. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г. Минск, 2004.
12. О растительном мире: Закон Республики Беларусь от 14 июня 2003 г. // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2003, № 70.
13. Об особо охраняемых природных территориях: Закон Республики Беларусь, 20 октября 1994 г. В редакции Закона от 23 мая 2000 г. // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2000, № 106, 2/218.
14. Об охране и использовании животного мира: Закон Республики Беларусь, 19 сентября 1996 г. // Ведомости Верховного Совета Республики Беларусь, 1996, № 31.
15. Основы эколого-географической экспертизы. М., 1992.
16. Полезные ископаемые Беларуси / Редкол.: П. З. Хомич и др. Минск, 2002.
17. Почвы Белорусской ССР / Под ред. Т. Н. Кулаковской, П. П. Рогового, Н. И. Смеяна. Минск, 1974.
18. **Преображенский В. С., Александрова Т. Д., Куприянова Т. П.** Основы ландшафтного анализа. М., 1998.
19. Природа, техника, геотехнические системы. М., 1978.
20. Проектирование территорий курортно-рекреационного назначения в условиях БССР. Нормативно-методические рекомендации. Минск, 1975.
21. СНБ 2.03.01-98 «Геофизика опасных природных процессов».
22. СНБ 1.02.01-96 «Инженерные изыскания для строительства».
23. СНБ 2.04.02-2000 «Строительная климатология».
24. **Струк М. И., Хомич А. А., Бакарасов В. А.** Оценка ландшафтной устойчивости территории административных районов Беларуси // Природопользование. Минск, 2001. Вып. 7. С. 57–60.
25. ТКП 098-2007. Размещение атомных станций. Основные требования по составу и объему изысканий и исследований при выборе пункта и площадки АС. Министерство архитектуры и строительства, Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. Минск, 2007.

Институт природопользования НАН Беларуси

М. И. Струк

ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЗМЕЩЕНИЯ КРУПНОГО ТЕХНОГЕННОГО ОБЪЕКТА

Представлен эколого-географический подход к оценке размещения крупного техногенного объекта. Определена совокупность критериев, характеризующих его эколого-географическое положение, включающая ландшафтно-географический, ландшафтно-геохимический, бассейновый критерии, а также критерий эколого-ресурсной неоднородности территории.

С помощью указанных критериев выполнена оценка конкретного пункта размещения объекта в Восточно-Белорусской ландшафтной провинции. Установлены, с одной стороны, факторы благоприятные для размещения – высокая устойчивость к внешним воздействиям ландшафтов планируемой площадки строительства и низкая рыбопродуктивность рек, которые будут подвергнуты воздействиям, с другой стороны, установлены экологические ограничения – опасность нарушения природного равновесия в рассматриваемом районе из-за его низкой лесистости, нарушение экологического коридора национальной экологической сети, а также гидрологического заказника местного значения. Отмечена необходимость принятия компенсационных мер по устранению приведенных неблагоприятных экологических последствий в случае реализации проекта.

M. I. Struk

ECOLOGY-GEOGRAPHY ESTIMATION OF THE LOCATION OF BIG TECHNOGENIC OBJECT

Ecology-geographic approach to evaluating a big man-made object has been presented. A set of criteria that characterize its ecological and geographical location, including landscape and geography, landscape-geochemical, basin criteria and criteria of environmental and resource heterogeneity has been defined. Using the criteria a specific item placement evaluation of the object in the Eastern Province of Belarusian landscape has been done. On one hand, factors, favorable for placement – high resistance to external landscape impact of the planned construction site and a low fish productivity of rivers, which will be subjected to the impact, have been found; on the other hand, ecological restrictions – risk of disrupting the natural balance in the area because of its low forest cover, destruction of ecological corridor of national ecological network have been revealed as well as hydrological reservation of local importance. The need for compensatory measures to remedy the adverse environmental effects of the project likely realization has been marked.

В. А. Ракович, Г. И. Симакова

ГЕНЕЗИС БОЛОТА ДИКООЕ И ОЦЕНКА СКОРОСТИ АККУМУЛЯЦИИ УГЛЕРОДА И АЗОТА ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖЬЮ

Изучен генезис торфяного болота Дикое, оценена интенсивность аккумуляции углерода и азота в торфяной залежи и установлено, что ежегодное накопление органического углерода в субатлантический период (наиболее близкий нам по климату) составило $15,3 \text{ г/м}^2$, азота – $0,8 \text{ г/м}^2$. Соответственно в пересчете с углерода ежегодный балансовый сток диоксида углерода в болотную экосистему составил $59,1 \text{ г/м}^2$.

Болото Дикое расположено в Пружанском районе Брестской области. Согласно геоморфологическому районированию болото Дикое лежит в пределах Коссовской водно-ледниковой равнины и Наревско-Ясельдинской озерно-аллювиальной низины [4]. По условиям залегания в зависимости от элементов рельефа болото Дикое относится к торфяным месторождениям пойм сквозных долин [5], расположенном на Балтийско-Черноморском водоразделе. Реки Нарев и Ясельда, вытекающие из болота, относятся к бассейнам Вислы и Днепра. На местном водоразделе ввиду отсутствия заметных

уклонов поверхности питания и развитие болота Дикое происходило в условиях повышенной обводненности и низкой проточности. Дренаж территории ниже по течению рек Нарев и Ясельда усиливается, что способствует меньшей обводненности болота.

В настоящее время водное питание болота Дикое осуществляется за счет грунтовых вод, атмосферных осадков и стока вод с окружающих территорий.

Общая характеристика болота Дикое представлена в табл. 1.

Таблица 1. Общая характеристика болота Дикое

Местоположение месторождения (область, район)	Кадастровый номер	Площадь болота, га	Средняя и максимальная глубина торфа в залежи, м	Тип залежи, %	Средняя R, %	Средняя A, %	Первоначальные запасы торфясырца, тыс. м ³ тыс. т. 40%-ной влажности
Брестская область, Пружанский район	75	21718	1,41; 3,6	Н	40	11,5	$\frac{258326}{50419}$

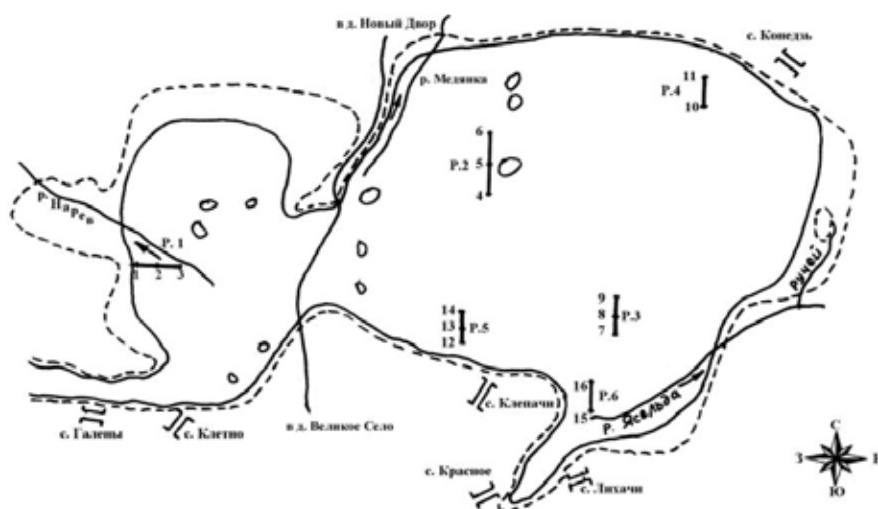


Рис. 1. План-схема торфяного болота Дикое; 1, 2... – пункты отбора проб торфа

На болоте были проложены профили с юга на север от д. Клепачи к д. Новый Двор и с запада на восток от д. Выброды и отобраны образцы торфа. Выполнено описание растительного покрова, уровня грунтовых вод, рельефа и микрорельефа. Для более детального изучения стратиграфических особенностей торфяной залежи и процессов торфонакопления на различных участках болота были заложены 6 стратиграфических разрезов (рис.1),

проведено бурение торфяной залежи в 16 пунктах и отобраны пробы торфа на ботанический состав, степень разложения, а также на определение возраста.

Основные показатели качественной характеристики торфа: вид торфа и степень разложения (R , %) приведены в табл. 2.

Таблица 2. Качественная характеристика торфа болота Дикое

№ образца	Глубина отбора проб торфа, м	Вид торфа	R , %
Стратиграфический разрез 1. Пункт бурения 1			
1–3	0,00–0,75	Осоковый	20–25
4–5	0,75–1,25	Древесно-осоковый	30
Пункт бурения 2			
6–12	0,00–0,70	Осоковый	15–20
13	0,70–0,90	Осоковый	25
15	0,90–1,00	Осоковый	20
16	1,00–1,20	Осоковый	20–25
18	1,20–1,40	Осоковый	20
Пункт бурения 3			
20	0,00–0,25	Осоковый	15
21	0,25–0,50	Осоковый	20–25
22	0,50–0,75	Гипновый	10
23	0,75–1,00	Осоково-гипновый	15–20
24	1,00–1,25	Осоковый	25
25	1,25–1,50	Осоково-гипновый	20–25
26–27	1,50–2,00	Древесно-осоковый	35
Стратиграфический разрез 2. Пункт бурения 4			
28–31	0,00–1,00	Осоковый	20–25
32–33	1,00–1,40	Древесно-осоковый	30–35
Пункт бурения 5			
34	0,00–0,10	Терес торф	5
35–37	0,10–0,40	Осоково-гипновый	10–15
38	0,40–0,50	Осоковый	15–20
39	0,50–0,60	Осоково-гипновый	20
40	0,60–0,70	Осоково-гипновый	25–30
41–42	0,70–0,90	Осоковый	20
43–45	0,90–1,20	Осоковый	20–25
46	1,20–1,30	Осоковый	25–30
47–48	1,30–1,50	Осоковый	30–35
49	1,50–1,60	Осоковый	25–30
50–51	1,60–1,85	Древесно-осоковый	30–35
52	1,85–1,95	Древесно-осоковый	45
Пункт бурения 6			
53	0,00–0,25	Терес торф	10
54–56	0,25–1,00	Осоковый	20–25
57	1,00–1,25	Древесно-осоковый	35
58	1,25–1,50	Древесно-осоковый	35–40
Стратиграфический разрез 3. Пункт бурения 7			
59–62	0,00–1,00	Осоковый	35
Пункт бурения 8			
63–66	0,00–1,00	Осоковый	30–35
67	1,00–1,40	Осоковый	30

Окончание табл. 2

Пункт бурения 9			
68–69	0,00–0,50	Осоковый	30–35
70	0,50–0,75	Осоковый	35
71	0,75–1,10	Тростниково-осоковый	35
Стратиграфический разрез 4. Пункт бурения 10			
72	0,00–0,25	Тростниково-осоковый	25
73–74	0,25–0,75	Осоковый	25
75	0,75–1,00	Тростниково-осоковый	25
76–77	1,00–1,60	Древесно-тростниковый	30–35
Пункт бурения 11			
78	0,00–0,25	Тростниково-осоковый	25
79–80	0,25–0,75	Осоковый	30
81–82	0,75–1,20	Древесно-тростниковый	30
Стратиграфический разрез 5. Пункт бурения 12			
83–85	0,00–0,75	Осоковый	30
86	0,75–1,00	Вахтовый	25
87	1,00–1,20	Вахтовый	30
Пункт бурения 13			
88–90	0,00–0,75	Осоковый	30
91–92	0,75–1,25	Тростниковый	35–40
93	1,25–1,50	Древесный	40
94	1,50–2,00	Древесно-тростниковый	40
Пункт бурения 14			
95	0,00–0,25	Осоковый	25
96–97	0,25–0,75	Осоковый	35
98–101	0,75–2,00	Древесно-тростниковый	40
Стратиграфический разрез 6. Пункт бурения 15			
102	0,00–0,30	Осоковый	35
103–104	0,30–0,90	Тростниковый	40
105	0,90–1,20	Древесный	45
106	1,20–1,40	Осоковый	35
107	1,40–1,75	Древесный	35
108	1,75–2,00	Осоково-гипновый	35
109	2,00–2,60	Сапропель	–
Пункт бурения 16			
110	0,00–0,25	Древесно-осоковый	40
111	0,25–0,50	Тростниковый	40
112–113	0,50–1,00	Древесно-тростниковый	45
114	1,00–1,25	Древесный	40
115–117	1,25–2,00	Тростниковый	40
118	2,00–2,30	Сапропель	–

В южной части болота распространены отложения сапропеля и мергеля, мощностью от 0,3 до 0,6 м (стратиграфический разрез 6). Рельеф болота Дикое пологоволнистый, с уклоном восточной части на юго-восток к р. Ясельда, а западной на северо-запад к р. Нарев.

Прилегающие к болоту суходолы слабо холмистые, с северной стороны покрыты сосновым и еловым лесом, с южной – заняты пашней и небольшими участками леса. Грунт прилегающих суходолов супесчаный.

В силу разнообразия болотообразовательных факторов, стратиграфия торфяной залежи в разных частях болота Дикое имеет значительные различия.

На участках, расположенных в центре болота (стратиграфический разрез 2), вдали от коренных берегов и вне дренирующего влияния р. Ясельда, торфяная залежь развивалась в более обводненных и менее проточных условиях. Такие участки представлены осоковой залежью со степенью разложения торфа 30–35 %.

В северо-восточной части болота торфяная залежь в нижней части сложена древесно-тростниковым торфом, который выше сменяется осоковым и тростниково-осоковым (стратиграфический разрез 4). Ближе к коренным берегам доля участия подстилающего древесного и древесно-тростникового торфа возрастает, осокового и осоково-гипнового снижается.

В южной части болота, где большое влияние оказывали паводковые воды р. Ясельда, стратиграфия торфяной залежи приобретает вид, характерный для торфяных болот пойм Предполесья и Полесья [5]: отложения тростникового, иногда древесно-тростникового торфа перекрыты осоковым, а местами осоково-гипновым торфами (стратиграфические разрезы 5, 6).

В западной части болота Дикое, в условиях повышенной обводненности и слабой проточности, у дна торфяной залежи залегают незначительные по мощности слои древесно-осокового торфа, которые выше сменяются осоковым (стратиграфический разрез 1; пункт бурения 1). По мере удаления от коренного берега базальный слой осокового торфа сменяется осоково-гипновым и гипновым, который сверху вновь перекрыт осоковым.

В целом в строении торфяной залежи болота Дикое отмечены следующие виды торфа: древесный, древесно-тростниковый, древесно-осоковый, тростниковый, тростниково-осоковый, осоковый, осоково-гипновый, гипновый, вахтовый и сфагновый низинный. Наиболее распространенным является осоковый вид торфа.

На современном этапе развития, на водоразделе рек Нарева и Ясельда, появилась растительность свойственная болотам переходного типа.

Для определения абсолютного и относительного возраста были использованы радиоуглеродный и спорово-пыльцевой методы.

Образец торфа на абсолютный возраст отобран с максимальной глубины на границе перехода между торфом и подстилающей породой (табл. 3). Это дало возможность датировать начало процесса торфообразования в этой части торфяного массива (пункт бурения 5). Послойный спорово-пыльцевой анализ позволил проследить историю развития растительного покрова и темпы торфонакопления в среднем и позднем голоцене.

Радиоуглеродное датирование было выполнено в Институте геохимии и геофизики НАН Беларуси путем счета β -активности ^{14}C в бензоле, синтезируемом из углеродсодержащих образцов. Счет β -активности произведен на β -счетчике в течение 10 ч для каждого образца. Данные датировки представлены в табл. 3.

Таблица 3. Абсолютный возраст образца торфа болота Дикое, определенный радиоуглеродным методом

Номер	Образец	Глубина отбора пробы, м	Расчетный возраст, лет
IGSN-712	Торф	1,85–1,95	6430 \pm 90

Определение относительного возраста и выделение хронологических уровней основано на радиоуглеродной датировке и корреляции пыльцевых спектров древесных пород с аналогичными данными близлежащих разрезов, расположенных на территории Белорусского Полесья, Восточной Польши, в основном имеющих радиоуглеродные датировки. Это разрез Чернихово [1], болото Иванисовка [3], оз. Малишевское [6]. Кроме того, была использована региональная стратиграфическая схема развития растительности в позднеледниковье и голоцене Беларуси [2].

Впервые отложения болота Дикое были изучены в 1930 г. С. Кульчинским [7]. Согласно этим исследованиям, генезис болота связан с заболачиванием позднеледниковых озер, которое началось около 10 тыс. лет назад. В дальнейшем, в условиях повышенной обводненности, происходило увеличение площади болота за счет суходольных и лесных участков прилегающей территории. Из пыльцевой диаграммы отложений пункта бурения 5 (рис. 2) видно, что начало заболачивания территории в этой части торфяного массива относится к середине атлантического периода (АТ-2, 6600–6000 лет назад). Отложения этого этапа (1,56–1,95 м) характеризуются пыльцевой зоной *Alnus-Ulmus-Quercus* и содержат зерна водных растений (кривая Aquatic pollen на диаграмме) – *Nymphaea alba*, *Nuphar lutea*. Среди травянистой растительности доминируют осоковые ассоциации. Радиоуглеродный возраст отложений на глубине 1,85–1,95 м 6430 \pm 90 BP (табл. 3) хорошо коррелируется с данными спорово-пыльцевого анализа.

Накопления торфа на завершающей фазе атлантического периода (АТ-3, 6000–5000 лет назад) выделены на глубине 1,25–1,56 м и представлены пыльцевой зоной *Pinus-Quercus-Betula*. В этих отложениях исчезает пыльца водных растений, увеличивается роль папоротников (кривая Pteridophyta), что может свидетельствовать о некоем осушении болота.

Отложениям начальной фазы суббореального периода (SB-1, 5000–4200 лет назад), на глубине 1,00–1,25 м соответствует зона *Pinus-Picea-Quercus*. В составе травянистой растительности господствуют папоротники и зеленые мхи, выявлены единичные зерна водных растений, что указывает на повышение обводненности торфяного массива.

Средняя часть суббореального этапа (SB-2, 4200–3200 лет назад) характеризуется пыльцевой зоной *Pinus-Quercus*, которая выделена на глубине 0,78–1,00 м. Среди наземной травянистой растительности преобладают папоротники, однако возрастает роль разнотравья (кривая Herbs).

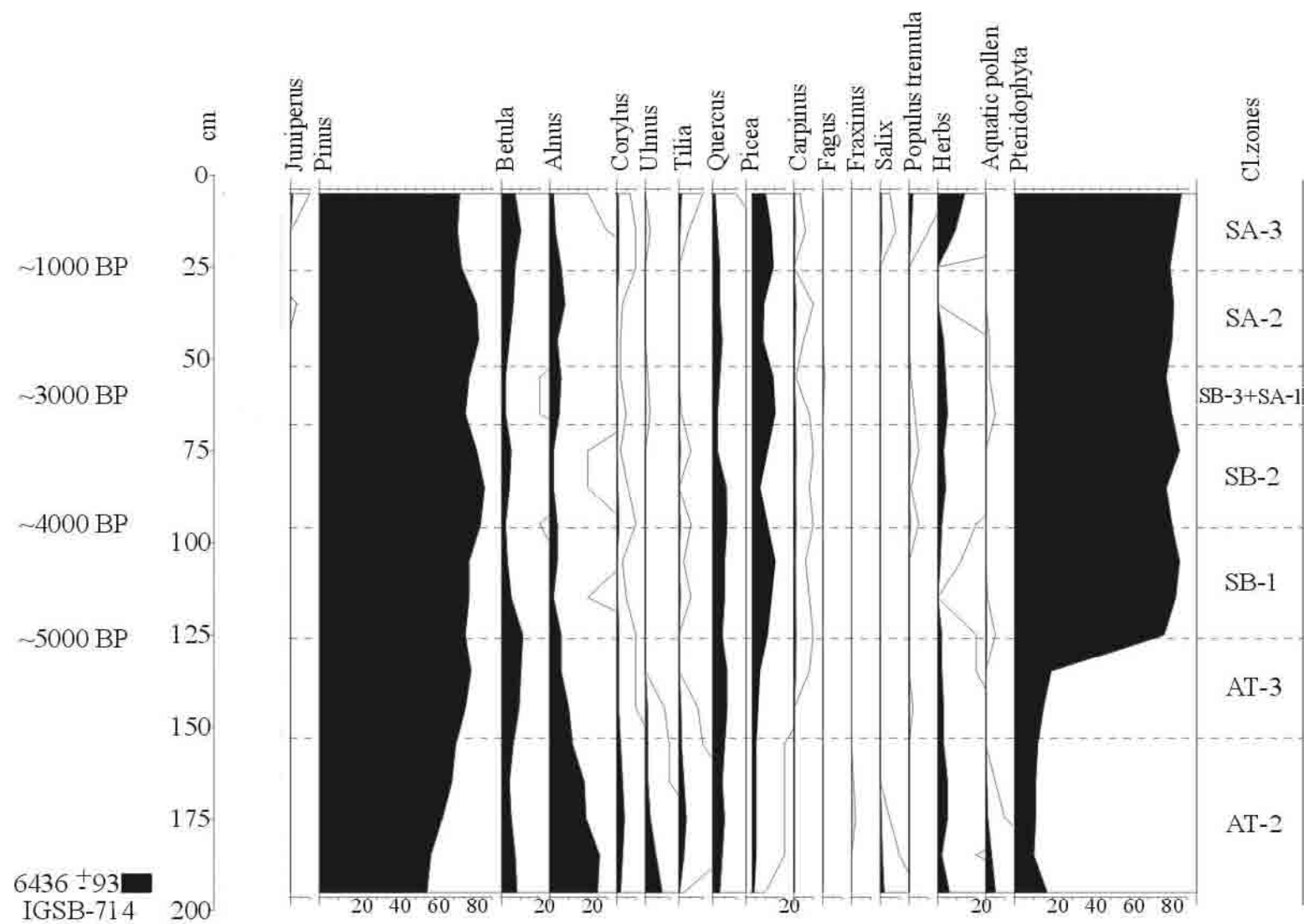


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма торфяных отложений болота Дикое (пункт бурения 5)

Накопление отложений на глубине 0,52–0,78 м соответствует более влажному временно-му интервалу, который охватывает завершающий этап суббореального (SB-3, 3200–2700 лет назад) и начало субатлантического (SA-1, 2700–2000 лет назад) периодов. Эти осадки представлены пыльцевой зоной *Pinus-Picea* (SB-3, SA-1), где фиксируется увеличение количества ольхи, а также единично пыльца пихты и водные растения.

Отложения на глубине 0,26–0,52 м были сформированы в середине субатлантического этапа (SA-2, 2000–1000 лет назад) – зона *Pinus-Picea-Quercus*. В составе древесной раститель-

ности увеличивается роль ольхи и березы, отмечаются единичные находки можжевельника.

Верхняя часть отложений (0–0,26 м), характеризующая пыльцевой зоной *Pinus-Picea-Betula-NAP*, сформировалась в конце субатлантики (SA-3, 1000–0 лет назад). В пыльцевых спектрах возрастает роль травянистых растений, среди споровых отмечаются зерна сфагновых мхов. Увеличение содержания кустарников, мелколиственных древесных пород (*Juniperus*, *Corylus*, *Populus*, *Salix*) и трав (*NAP*) указывает на рост антропогенного влияния в окрестностях болота.

Скорость накопления углерода ($C_{орг}$) и азота ($N_{орг}$) в болоте Дикое представлена в табл. 4.

Таблица 4. Ежегодное накопление азота и углерода болотом Дикое

Период голоцена	Ежегодный прирост торфяного слоя, мм	Ежегодное накопление $N_{орг}$, г/м ²	Ежегодное накопление $C_{орг}$, г/м ²	Количество CO_2 , эквивалентное запасу $C_{орг}$, г/м ² в год
Атлантический (6600–5000 лет тому назад)	0,43	1,3	25,3	92,9
Суббореальный (5000–2700 лет тому назад)	0,26	0,8	15,3	56,2
Субатлантический (2700 лет тому назад – настоящее время)	0,26	0,8	15,3	56,2
Среднее по абсолютному возрасту	0,3	0,8	16,7	61,2

На основании полученных данных можно сделать следующее заключение о генезисе и развитии болота Дикое.

Торфяное болото Дикое является характерным для области равнин Предполесья и Полесья. Оно приурочено к обширной сквозной долине, расположенной на Балтийско-Черноморском водоразделе. На местном водоразделе ввиду отсутствия заметных уклонов поверхности питания и развитие болота происходило в условиях повышенной обводненности и низкой проточности питающих вод. Около 6,5 тыс. лет назад в центральной части болота Дикое (пункт бурения 5, разрез 2) начались процессы заболачивания суходольных участков и разрастание площади болота.

Данные табл. 4 показывают, что ежегодный прирост торфяного слоя болота составил в раз-

личные периоды голоцена 0,26–0,43 мм. Наиболее интенсивное накопление углерода и азота происходило в атлантический период голоцена (0,43 мм). Установлено, что ежегодное накопление органического углерода в торфяной залежи в субатлантический период (наиболее близкий нам по климату) – 15,3 г/м², азота – 0,8 г/м². Соответственно ежегодный балансовый сток диоксида углерода в болотную экосистему составил 56,2 г/м². Сравнительно низкие темпы накопления торфа в субатлантический период объясняются повышенной аэрацией торфяной залежи, поскольку в результате мелиорации понижен УГВ на прилегающих территориях, что способствует ускоренной минерализации органического вещества.

Л и т е р а т у р а

1. **Зерницкая В. П.** Развитие растительности западной части Копыльской гряды в позднеледниковье и голоцене // Географические аспекты рационального природопользования. Минск, 1985. С. 110–116.
2. **Зерницкая В. П., Матвеев А. В., Махнач Н. А., Михайлов Н. Д.** Стратиграфическая схема позднеледниковых и голоценовых отложений Беларуси // Литосфера. 2005. № 1(22). С. 157–165.
3. **Зерницкая В. П., Матвеев А. В., Тимерева С. Н.** История формирования болота Иванисовка (Белорусское Полесье) // Литосфера. 2010. № 1(32). С. 20–30.

4. Матвеев А. В., Гурский Б. Н., Левицкая Р. И. Рельеф Белоруссии. Минск, 1988.
5. Пидопличко А. П. Торфяные месторождения Белоруссии. Минск, 1961.
6. Balwierz Z., Żurek S. Type region P-n: Masovia and Podlasie Lowlands, NE part: Podlasie Lowland // Acta palaeobotanica. 1989. V. 29(2). P. 65–68.
7. Kulczynski S. Stratygrafia Torfowisk Polesia // Prace Biura melioracji Polesia. Krakow, 1930. V. 1, zesz. 2.

Институт природопользования НАН Беларуси,
Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт

В. А. Ракович, Г. И. Симакова

ГЕНЕЗИС БОЛОТА ДИКООЕ И ОЦЕНКА СКОРОСТИ АККУМУЛЯЦИИ УГЛЕРОДА И АЗОТА ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖЬЮ

Торфяное болото Дикое является характерным для области равнин Предполесья и Полесья, районов Коссовской водно-ледниковой равнины и Наревско-Ясельдинской озерно-аллювиальной низины. Оно приурочено к обширной сквозной долине, расположенной на Балтийско-Черноморском водоразделе. На местном водоразделе ввиду отсутствия заметных уклонов поверхности питания и развитие болота происходило в условиях повышенной обводненности и низкой проточности. Около 6,5 тыс. лет назад в центральной части торфяного массива (пункт бурения 5), начались процессы болотообразования. Исходя из абсолютного возраста (6430 ± 90 лет) среднегодовые темпы прироста торфяного слоя в болоте – около 0,3 мм.

Установлено, что ежегодный прирост торфяного слоя болота составил в различные периоды голоцена 0,26–0,43 мм. Ежегодное накопление органического углерода в торфяной залежи в субатлантический период (наиболее близкий нам по климату) – $15,3 \text{ г/м}^2$, азота – $0,8 \text{ г/м}^2$. Соответственно ежегодный балансовый сток диоксида углерода в болотную экосистему составил $56,2 \text{ г/м}^2$. Сравнительно низкие темпы накопления торфа здесь в суббореальный период объясняются повышенной аэрацией торфяной залежи, поскольку в результате мелиорации понижен УГВ на прилегающих к болоту территориях, что способствует ускоренной минерализации органического вещества.

V. A. Rakovich, G. I. Simakova

GENESIS OF DIKOYE MIRE AND ASSESMENT OF CARBON AND NITROGEN ACCUMULATION RATE BY PEAT DEPOSIT

Peat mire Dykoye is specific for the region of plains Predpolesye and Polesye, areas Kossovsk aquatic-glacial plain and Narevsk-Yaselda lacustrine alluvial low-lying area. It is adjacent to a vast, sheer valley, located in Baltiysk-Black sea water shed. On the private water shed due to absence of visible slopes, nutrition and evolution of the bog passed in the conditions of enhanced water supply and low water flow. About 6,5 thousand years ago in this part of peat massive (hole 5) processes of mires formation started. Considering absolute age (6430 ± 90 years) annual average growth rate of mire peat layer was about 0,3 mm.

It has been found that year-by-year growth of mire peat layer was in different Holocene period 0,26–0,43 mm. Annual organic carbon accumulation in the peat deposit in sub-Atlantic period (most similar to us by climate) was $15,3 \text{ g/m}^2$, nitrogen – $0,8 \text{ g/m}^2$. Correspondingly, annual balance carbon dioxide sink into the bog ecosystem was $56,2 \text{ g/m}^2$. Rather low accumulation rates of peat here in sub-boreal period are explained by enhanced aeration of peat deposit, since due to amelioration the level of HM was reduced at the adjacent to the deposit territories, that promotes accelerated organic matter mineralization.

УДК 631.559 (476)

Г. А. Камышенко

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР БЕЛАРУСИ (НА ПРИМЕРЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И КАРТОФЕЛЯ)

Представлен анализ устойчивости урожайности озимой пшеницы и картофеля на областном и региональном уровнях по 5-летним скользящим периодам за 1960–2009 гг. В результате выполненного исследования выявлена динамика изменчивости коэффициента устойчивости урожайности исследуемых культур, определены тенденции развития процесса.

На состояние растениеводческой отрасли влияет целый комплекс показателей: климатических, агрохимических, технологических, в совокупности определяющих урожайность сельскохозяйственных культур. Изменчивость основных ресурсных факторов оказывает значительное влияние на устойчивость продуктивности сельскохозяйственного производства. Территориально дифференцированный учет указанных факторов является одним из приоритетов для обеспечения устойчивого развития аграрной отрасли экономики страны.

Существует множество определений устойчивости. В частности, В. С. Преображенским под устойчивостью понимается способность комплекса, испытывая внешние воздействия, не терять способности в заданных пределах выполнять свою социально-экономическую функцию. Под устойчивостью производства обычно понимают способность противостоять отрицательным воздействиям, преимущественно, стихийным силам природы, способность предупредить или ослабить спады производства.

Устойчивость развития сельского хозяйства – это не только возможность преодолеть неблагоприятные для отрасли явления, но и способность использовать их с наибольшим эффектом для хозяйства. Причем само понятие благоприятных и неблагоприятных условий тесно связано с уровнем развития производительных сил [3, 4]. В качестве меры устойчивости выступает показатель изменчивости (вариации) компонентов системы. Устойчивость агросистемы определяется посредством оценки устойчивости продуктивности основных возделываемых сельскохозяйственных культур.

Нами выполнен анализ динамики устойчивости продуктивности сельскохозяйственных культур на примере озимой пшеницы и картофеля на временном интервале 1960–2009 гг. территориально как для административных областей, так и для страны в целом. Кроме того, для данных, характеризующих устойчивость урожайности исследуемых культур на региональном уровне, выполнено их сопоставление с изменениями температурного режима территории.

В работе использованы статистические материалы Министерства статистики и анализа

Республики Беларусь, а также Департамента по гидрометеорологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Для количественного изучения устойчивости урожайности рассчитываются разница между максимальным и минимальным уровнем урожайности, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации и другие статистические показатели. Размах вариации позволяет в общей форме судить о возможных резервах роста урожайности. Среднее квадратическое отклонение определяет меру абсолютных отклонений фактических показателей урожайности от их динамических норм, вычисленных по уравнению тренда. Коэффициент вариации отражает нормированную на среднее значение урожайности величину отклонения от нормы в процентах.

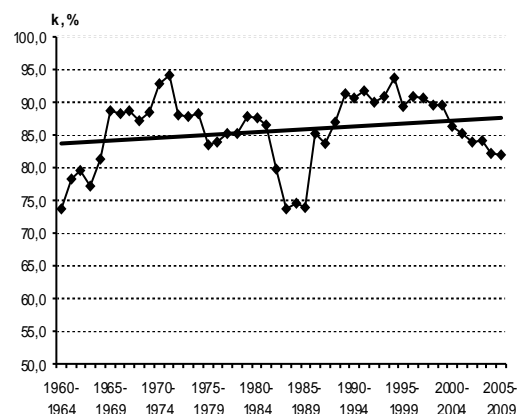
Коэффициент вариации урожайности, рассчитанный в целом за весь исследуемый период, выражается одним числом, что не позволяет судить о динамике процесса [2, 6]. Более эффективным средством исследования устойчивости продуктивности культур как динамического процесса является расчет пятилетних скользящих средних для определенных периодов. Использование скользящего среднего позволяет исключить из рассмотрения короткопериодные колебания данных и тем самым более наглядно показать характер зависимости. Коэффициент устойчивости вычисляется как разница между 100 % и значением коэффициента вариации. Коэффициенты устойчивости урожайности исследуемых культур нами рассчитаны по пятилетним скользящим периодам, что позволило по полученным временным рядам представить динамику значений коэффициентов устойчивости урожайности культур с учетом трендовых составляющих, определяющих тенденции развития процесса. По определению, тенденция – это объективное существующее свойство процесса, которое приближенно отражается и описывается трендом конкретного вида [1].

Выделим основные особенности динамики устойчивости урожайности озимой пшеницы (рис. 1). Для всех административных областей, кроме Минской, на временном интервале 1960–2009 гг. прослеживается положительная

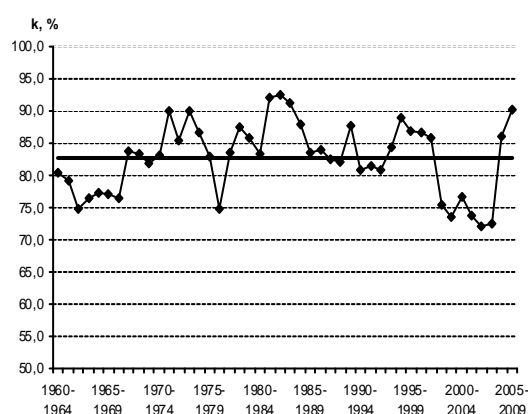
тенденция урожайности озимой пшеницы. При этом все графики имеют волнообразный характер, что свидетельствует о короткопериодной изменчивости значений коэффициента устойчивости, вызванной нестабильностью растениеводства.

В Брестской области в последние годы отмечается спад значений коэффициента устойчивости урожайности озимой пшеницы, наблюдаются колебания уровня продуктивности культуры. Так, урожайность исследуемой культуры из-

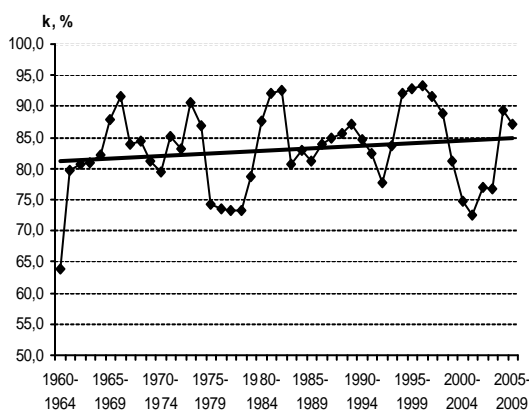
менилась от 21,5 ц/га в 1999 г. до 41,8 ц/га в 2008 г., однако в 2006 г. был спад урожайности до 23,6 ц/га. Аналогичная ситуация наблюдается и по Минской области [5]: в 1999 г. урожайность озимой пшеницы составляла 18,9 ц/га, а в 2008 г. – 46,4 ц/га, при этом в 2006 г. наблюдался спад урожайности до 29,5 ц/га. Такого рода колебания связаны с экономическими и климатическими факторами и свидетельствуют о нестабильном развитии растениеводства.



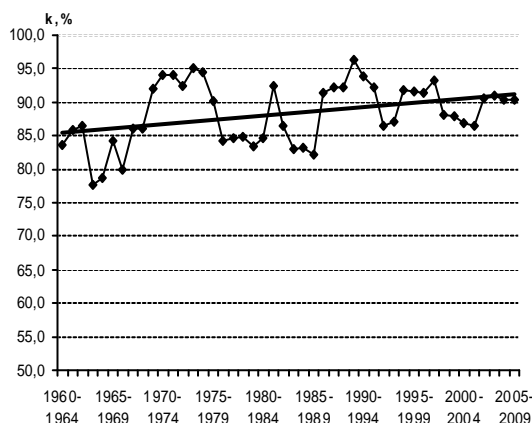
Брестская область



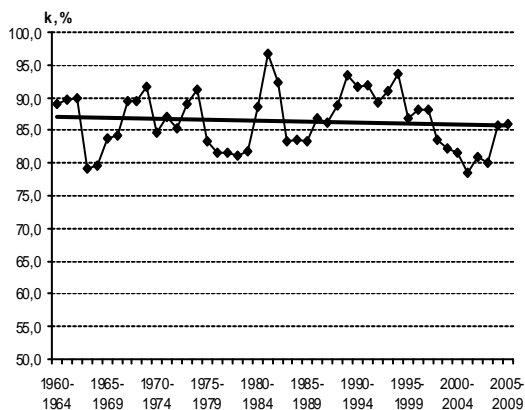
Витебская область



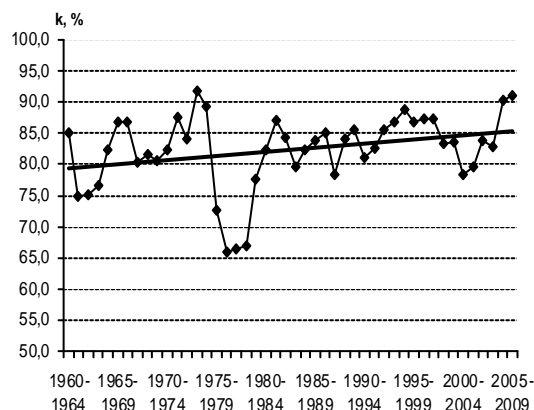
Гомельская область



Гродненская область



Минская область



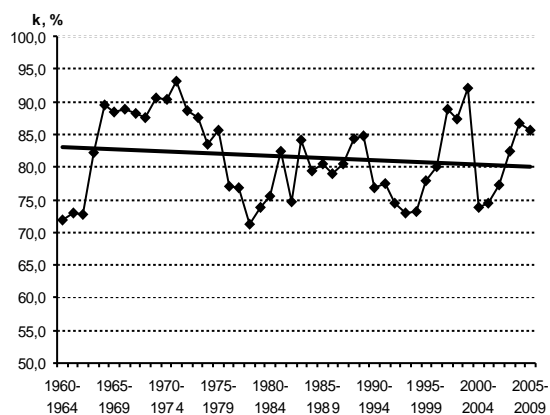
Могилевская область

Рис. 1. Динамика устойчивости урожайности озимой пшеницы с трендовой составляющей (1960–2009 гг.)

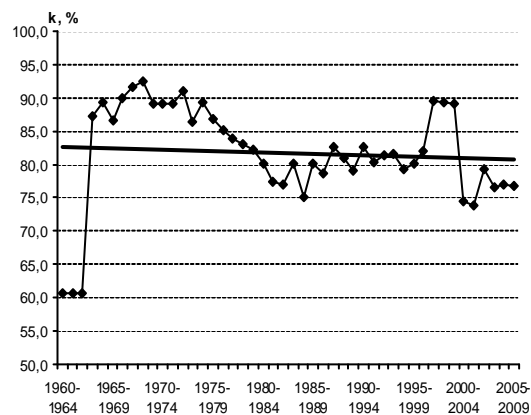
В Брестской области значение коэффициента устойчивости варьирует от 73,7 до 94,1 %, в Витебской – от 72,2 до 92,5 %, в Гомельской – от 63,9 до 93,3 %, в Гродненской – от 77,6 до 96,3 %, в Минской – от 78,4 до 96,8 %, в Могилевской – от 65,8 до 91,8 %, т.е. наиболее устой-

чивы к проявлению неблагоприятных условий урожаи данной культуры в Минской и Гродненской областях.

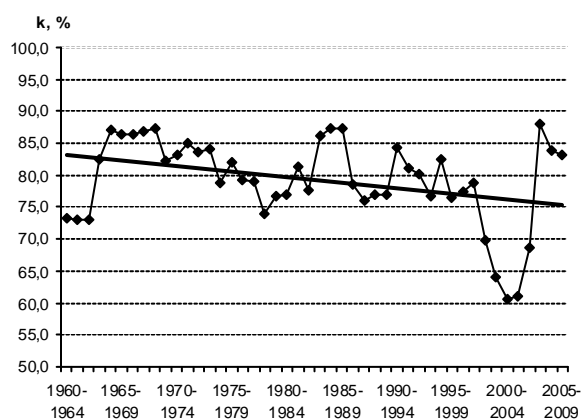
Динамика изменения устойчивости урожайности картофеля представлена на рис. 2.



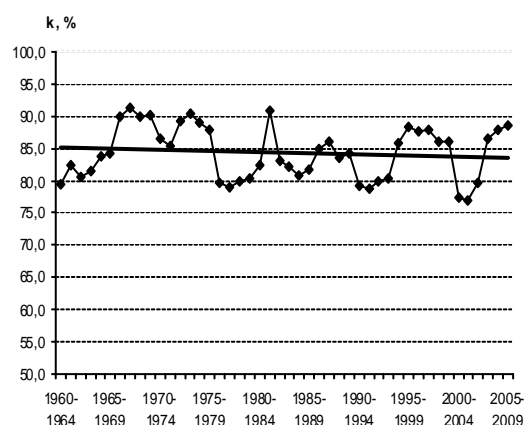
Брестская область



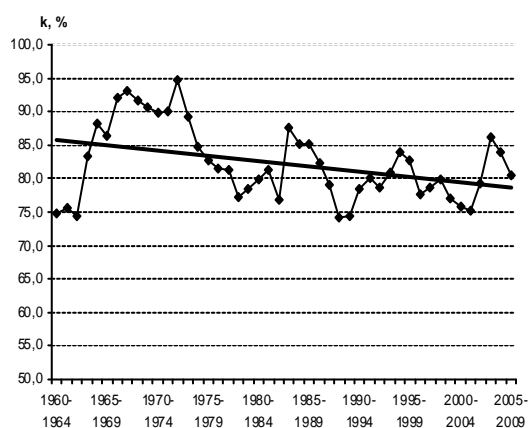
Витебская область



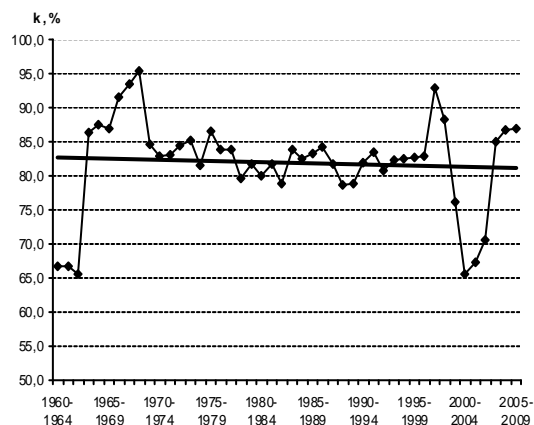
Гомельская область



Гродненская область



Минская область



Могилевская область

Рис. 2. Динамика устойчивости урожайности картофеля с трендовой составляющей (1960–2009 гг.)

В отличие от рассмотренной динамики изменчивости значений коэффициента устойчивости продуктивности озимой пшеницы, характеризующейся положительной тенденцией, хронологические ряды данного показателя урожайности картофеля, рассчитанные по скользящим 5-летним периодам, во всех административных областях характеризуются наличием отрицательного (нисходящего) линейного тренда, т.е. наблюдается тенденция к снижению устойчивости урожайности.

На исследуемом временном интервале наиболее благоприятная ситуация относительно устойчивости урожайности картофеля отмечается в Гродненской области. Устойчивость урожайности данной культуры колеблется по территории в широком диапазоне. Практически во всех административных областях, кроме Гродненской, 3 первых скользящих пятилетних периода характеризуются низким уровнем устойчивости урожайности картофеля, который изменяется от 61,0 до 74,2 %. В Гомельской и Могилевской областях крайне неустойчивой была ситуация в период с 1999 по 2005 гг. В этот период урожайность картофеля колебалась от 50 до 164 ц/га в Гомельской области и от 79 до 199 ц/га в Могилевской области.

В период с 1960 по 2009 г. устойчивость урожайности картофеля изменялась в следующих интервалах: в Брестской области – от 71,2 до 93,1 %, в Витебской – от 60,6 до 92,5 %, в Гомельской – от 60,7 до 88,1 %, в Гродненской – от 76,9 до 91,4 %, в Минской – от 74,2 до 94,7 %, в Могилевской – от 65,5 до 95,5 %.

О степени территориальной согласованности изменчивости значений коэффициента устойчивости урожайности исследуемых культур можно судить по картограммам, на которых представлены средние для областей значения (рис. 3).

Средние значения коэффициентов устойчивости урожайности исследуемых культур по пятилетним периодам на временном интервале 1960–2009 гг. достаточно высоки по всем административным областям, хотя в отдельные годы наблюдаются значительные вариации урожайности. По устойчивости озимой пшеницы максимальным значением отличается Гродненская область (88,3 %), минимальным – Могилевская (82,3 %); по картофелю максимум также отмечается в Гродненской области (84,3 %), минимум – в Гомельской области (79,3 %). Устойчивость культур снижается с запада на восток.

Изменчивость температуры воздуха и режима увлажнения территории оказывают значительное влияние на колебание урожайности сельскохозяйственных культур. Трендовая составляющая во временных рядах урожайности культур в основном связана с агротехникой, а отклонения от тренда рассматриваются как климатообусловленные колебания. На рис. 4 представлены графики, отражающие изменения температурных показателей и коэффициентов устойчивости агросистемы относительно возделывания исследуемых культур на временном интервале с 1960 по 2009 гг. на региональном уровне.

Для унификации подхода к оценке роли разных факторов, влияющих на урожайность культур, температурные показатели рассчитаны также по скользящим 5-летним периодам. На представленных графиках четко прослеживается тенденция повышения температурных показателей как в летний период, так и в среднем за год.

Линейный тренд, отражающий тенденцию в изменении устойчивости урожайности озимой пшеницы, свидетельствует о том, что повышение температуры воздуха (увеличение теплообеспеченности территории) положительно сказалось на урожайности данной культуры.

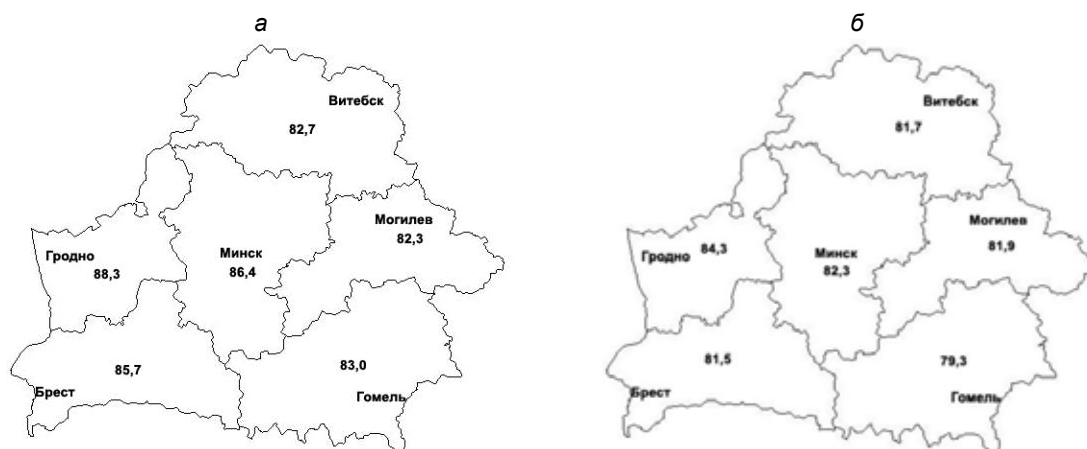


Рис. 3. Картограммы устойчивости урожайности (%):
а – озимой пшеницы; б – картофеля

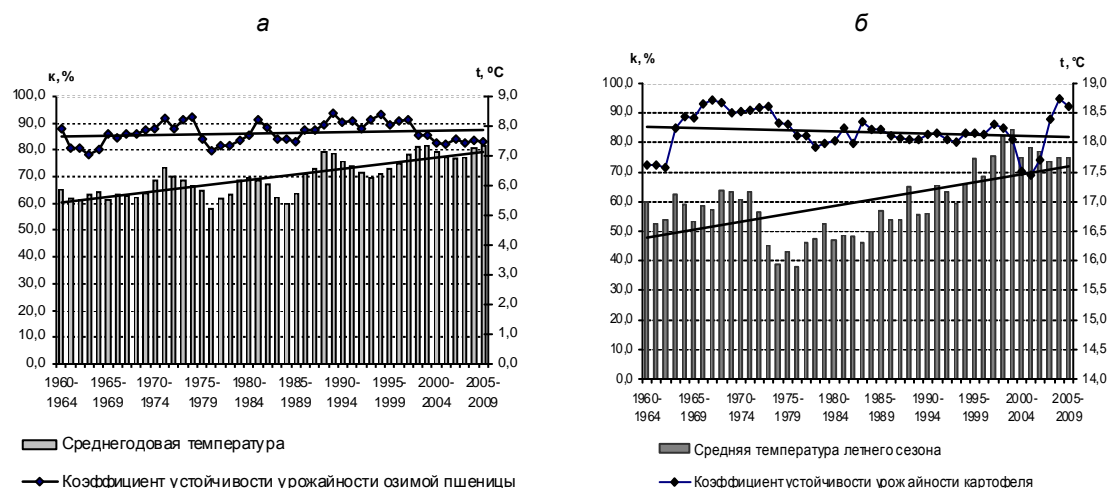


Рис. 4. Динамика изменения устойчивости урожайности сельскохозяйственных культур (%) и температурных показателей (°C) с линейными трендами на территории Беларуси (1960–2009 гг.): а – озимой пшеницы и среднегодовых температур воздуха; б – картофеля и летних температур

Устойчивость урожайности озимой пшеницы к наблюдаемым изменениям, в том числе климатическим, выше аналогичного показателя для картофеля. Значения коэффициента устойчивости урожайности озимой пшеницы варьируют от 78,2 до 93,8 %, среднее значение равно 86,3 %, что свидетельствует о значительной степени устойчивости данной культуры к изменению факторов, формирующих урожайность. Судя по урожайности озимой пшеницы, в последние годы на исследуемом временном интервале проявляется незначительное снижение устойчивости региональной агросистемы, однако в целом по данной культуре сохраняется положительная тенденция.

Значения коэффициента устойчивости урожайности картофеля изменяются в интервале от 68,9 до 94,8 % при среднем значении, равном 83,8 %. Провал устойчивости наблюдался с 2000 по 2006 г., минимум пришелся на 5-летний период 2001–2005 гг. Тенденция развития процесса отрицательная. Это свидетельствует о том, что рост теплообеспеченности отрицательно сказался на урожайности картофеля. В данной связи потепление климата является отрицательным

фактором развития картофелеводства в республике.

Полученные результаты в целом согласуются с результатами аналогичного исследования, выполненного по данным 1990–2005 гг. в Центре аграрной экономики Института экономики НАН Беларуси [4]. При исследовании устойчивости агросистемы мы ограничились расчетом коэффициентов устойчивости продуктивности сельскохозяйственных культур, т.к. устойчивость валовых сборов в значительной степени коррелирует с данным показателем.

Таким образом, в результате выполненного статистического исследования установлены основные особенности динамики устойчивости урожайности сельскохозяйственных культур на примере озимой пшеницы и картофеля во временном интервале 1960–2009 гг. В среднем по стране коэффициенты устойчивости урожайности исследуемых культур имеют высокие значения. Для всех административных областей, кроме Минской, для урожайности озимой пшеницы установлена положительная тенденция устойчивости; для урожайности картофеля для всех областей – тенденция негативная.

Л и т е р а т у р а

1. Афанасьев В. Н., Юзбашев М. М. Анализ временных рядов и прогнозирование. М., 2001.
2. Бровка Ю. А. Предложения по оптимизации регионального распределения посевов сельскохозяйственных культур // Природопользование. Минск, 2008. Вып. 14. С. 85–89.
3. Волчок В. Статистический анализ устойчивости сельскохозяйственного производства // Экономический вестник (ЭКОВЕСТ). 2001. № 4. С. 627–642.
4. Ильина З. М., Баран Г. А., Батова Н. Н. Методические предложения по устойчивому развитию агропромышленного производства, направленные на поддержание сбалансированности внутреннего продовольственного рынка по спросу и предложению. Минск, 2007.

5. Камышенко Г. А. Изменение температурного режима на территории Минской области и устойчивость агросистемы // Сахаровские чтения 2010 года: экологические проблемы XXI века: Материалы 10-й междунар. науч. конф. Минск, 2010. С. 188–189.
6. Пасов В. М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. Л., 1986.

Институт природопользования НАН Беларуси

Г. А. Камышенко

**АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР
БЕЛАРУСИ (НА ПРИМЕРЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И КАРТОФЕЛЯ)**

Представлены результаты исследования устойчивости урожайности озимой пшеницы и картофеля по статистическим данным за 1960–2009 гг. на областном и региональном уровнях. Расчеты выполнены по скользящим 5-летним периодам, что позволило по полученным временным рядам представить динамику значений коэффициентов устойчивости урожайности культур с учетом трендовых составляющих, определяющих тенденции развития процесса.

Установлена высокая устойчивость урожайности исследуемых культур, максимальные значения отмечены в Гродненской области: 88,3 % для озимой пшеницы, 84,3 % – для картофеля. Минимальный уровень устойчивости характеризует урожай озимой пшеницы в Могилевской области (82,3 %), картофеля – в Гомельской области (79,3 %). Устойчивость продуктивности культур снижается с запада на восток. Средние значения коэффициента устойчивости на региональном уровне составляют: 86,3 % по озимой пшенице, 83,8 % – по картофелю.

Рост теплообеспеченности территории положительно сказался на урожайности озимой пшеницы и отрицательно – на развитии картофелеводства. Во всех административных областях, кроме Минской, прослеживается положительная тенденция устойчивости урожайности озимой пшеницы, для урожайности картофеля для всех областей наблюдается негативная тенденция развития процесса.

Н. А. Kamysheuka

**ANALYSIS OF THE STABILITY OF BELARUS AGRICULTURAL
CROPS PRODUCTIVITY (WINTER WHEAT AND POTATO AS EXAMPLE)**

Research results of the productivity stability of winter wheat and potato on statistical data for 1960–2009 at district and regional levels are presented. Calculations were done by sliding 5-year periods that has allowed to present on the obtained time numbers a dynamics of values of stability coefficients of productivity of cultures with account of trend components defining the tendencies of development of process.

High stability of productivity of investigated cultures has been found, the maximum values have been registered in the Grodno district: 88,3 % for winter wheat, 84,3 % for potato. The stability minimum level characterizes winter wheat crops in the Mogilyov district (82,3 %), potato – in the Gomel one (79,3 %). Stability of the efficiency of cultures decreases from West to East. Average values of stability factor at regional level make up: 86,3 % for winter wheat, 83,8 % for potato.

Growth of heat supply of the territories has positively affected productivity of winter wheat and negatively potato growing development. In all administrative areas, except Minsk, a positive tendency of the stability of productivity of winter wheat is traced, for productivity of potato for all areas a negative tendency of the process development is observed.

УДК 911:504

Н. В. Михальчук

«ОРХИДНЫЙ ПОЯС» ПОЛЕСЬЯ

Развивается концепция «Орхидного пояса» Полесья. Показано, что система созданных и перспективных особо охраняемых природных территорий в южной части Малоритской равнины и Средне-Припятской низины обеспечивает поддержание ценных комплексов редких видов растений и фитоценологических объектов. В пределах «Орхидного пояса» типично зональные сообщества дополняются флористическими комплексами и фитоценологическими раритетами, имеющими почвенно-геохимическую обусловленность (карбонатные варианты). В границах «Орхидного пояса» отмечается 34 вида из охранных категорий Красной книги Республики Беларусь, 8 из которых относятся к семейству Orchidaceae Juss. Наиболее репрезентативные сегменты данной территории предлагается рассматривать с точки зрения их соответствия критериям IРА.

Экологическая составляющая устойчивого развития предполагает обеспечение надлежащего качества компонентов природной среды – атмосферного воздуха, вод, почв, ландшафта в целом, сохранение биологического разнообразия, предотвращение деградации природно-ресурсного потенциала.

Сохранение ландшафтного и биологического разнообразия (БР) на локальном, национальном и международном уровне признается актуальнейшей проблемой современности и является одним из основных направлений в современной системе охраны природной среды Республики Беларусь. Это подтверждается рядом нормативно-правовых актов государства, а также обязательствами международно-правового характера, которые Республика Беларусь выполняет в силу принятых международных конвенций и соглашений природоохранной направленности.

Проблема сохранения БР флоры является одной из наиболее острых в ряду первоочередных природоохранных задач, актуализированных для условий Белорусского Полесья. Гарантированное сохранение генофонда угрожаемых видов растений может быть обеспечено только в составе определенных сообществ и должно реализовываться в контексте охраны их ценофонда. Ценопопуляции (ЦП) редких видов развиваются в границах конкретных фитоценозов – здесь реализуется их эволюционная и экологическая сущность. В этой связи наиболее действенным направлением сохранения БР видов и экосистем является организация особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Они могут иметь различный масштаб и специфику: от памятников природы и заказников местного значения до национальных парков, заповедников и биосферных резерватов, включая международные.

В соответствии с действующим законодательством система ООПТ Республики Беларусь формируется в рамках реализации «Схем рационального размещения особо охраняемых природных территорий» [12]. Первая «Схема...» разрабо-

тана научно-исследовательскими и проектными учреждениями Беларуси в 1983 г. В ее основу изначально положен ландшафтно-экологический подход организации ООПТ в рамках единой территориально непрерывной системы, основанной на концепции природно-миграционных русел [10]. Данная идея на 10 лет предвосхитила концепцию создания экологических сетей: принятая в 1993 г. «Пан-Европейская стратегия по сохранению видового и ландшафтного разнообразия» провозгласила создание первой в мире экологической сети (ЭКОНЕТ), которая была определена как «система функционально и территориально взаимосвязанных природных территорий, обеспечивающая устойчивое состояние биосферы и функционирование естественных систем жизнеобеспечения человека» [13].

После принятия первой «Схемы...» наиболее интенсивное увеличение площадей ООПТ происходило в Брестской и Витебской областях. Так, если на начало 80-х гг. прошлого столетия на территории Брестской области существовало лишь 7 заказников республиканского значения общей площадью 95544 га (3,0 % от территории области), то по состоянию на 01.01.2000 г. (середина периода реализации второй «Схемы...») их насчитывалось 19, а занимаемая ими площадь достигла 327189 га (10,1 %).

В силу ряда причин на протяжении многих десятилетий при обосновании новых ООПТ в Белорусском Полесье внимание ученых было сконцентрировано (и зачастую продолжает фокусироваться) прежде всего на водно-болотных угодьях. Признавая их исключительную роль в сохранении ландшафтного и биологического разнообразия региона, следует отметить, что в строгом биогеографическом смысле они относятся к числу интразональных систем [3]. Типично зональные сообщества обычно формируются в автоморфных условиях хорошо дренированных территорий. Эталоном природной зональности в границах южной геоботанической подзоны являются дубравы (в виде грабовых дубрав как кли-

матически замещенного варианта формации дубовых лесов). Поэтому вполне справедливо отмечается, что плакорные дубравы – потенциальные первоочередные приоритеты общеевропейского биоразнообразия в регионе [4]. Однако, учитывая специфику Полесского региона, которая определяется повышенным гидроморфизмом (грунтовым, натеchnым, пойменным), необходимо признать известную условность категории «автоморфный плакор» в условиях полесий.

Влияние природных вод преобладающего в Полесье гидрокарбонатно-кальцевого класса на формирование ландшафтов выразилось в том, что периоды с усиленным выпотным водным режимом фиксировались в супераквальных условиях четкими генерациями мергельно-меловых отложений. Они весьма характерны для островных участков в границах крупных древнеозёрных котловин и их береговых зон, зачастую захороненных золовыми отложениями, для краевых зон блочных микроповышений I и II надпойменных террас. В результате образовались своеобразные ландшафты с кальцием в качестве типоморфного химического элемента – гидрогенно-карбонатные ландшафты [9]. Образуя сопряжения с фациями низинных болот и занимая в «море подзолов и торфяно-болотных почв» Белорусского Полесья площадь до 450 тыс. га [7], они резко выделяются своим эдафическим потенциалом и предопределяют гетерогенность растительности и высокие уровни БР флоры. Так, если парциальные флоры высших сосудистых растений (ВСР) в границах мезофитохор плакорных дубрав Загородья, как правило, не превышают 35–40 видов, то флоры аналогичных по площади островных экотопов карбонатно-кальцевой аккумуляции на Малоритской равнине достигают 80–90 видов, до 10 % из которых – ценные и уникальные в соэкологическом отношении объекты. В отдельных случаях видовое богатство флор карбонатных мезоэкотопов приближается к 200 видам.

Для представительной группы кальцефильных видов растений наличие в почвах карбоната кальция, а также нейтральная или слабощелочная реакция среды являются постоянными и необходимыми эдафическими факторами [11]. Среди этих видов чаще других отмечаются представители семейства Orchidaceae Juss.

Орхидные представлены однодольными многолетними наземными или эпифитными травянистыми растениями. Семейство включает около 800 родов и 30 000 видов [11]. В республике встречается 33 вида орхидей, относящихся к 17 родам. Подавляющее большинство из них известно и для территории Белорусского Полесья; эндемические виды отсутствуют. Орхидные – одно из наиболее высокоспециализированных и, вследствие этого, уязвимых семейств фитобиоты, большинство представителей которого реагируют на малейшие изменения среды обитания.

В этой связи преобладающее большинство видов орхидных включено в «Красные книги» и аналогичные издания для многих территорий. Так, из 33 видов орхидных флоры Беларуси 21 вид (63,6 %) занесен в Красную книгу Республики Беларусь (2005), а 12 представителей семейства (36,4 %) – в список видов, которые требуют профилактической охраны [5]. Таким образом, все без исключения виды Орхидных флоры Беларуси отнесены к числу редких и исчезающих и требуют соответствующих мер охраны.

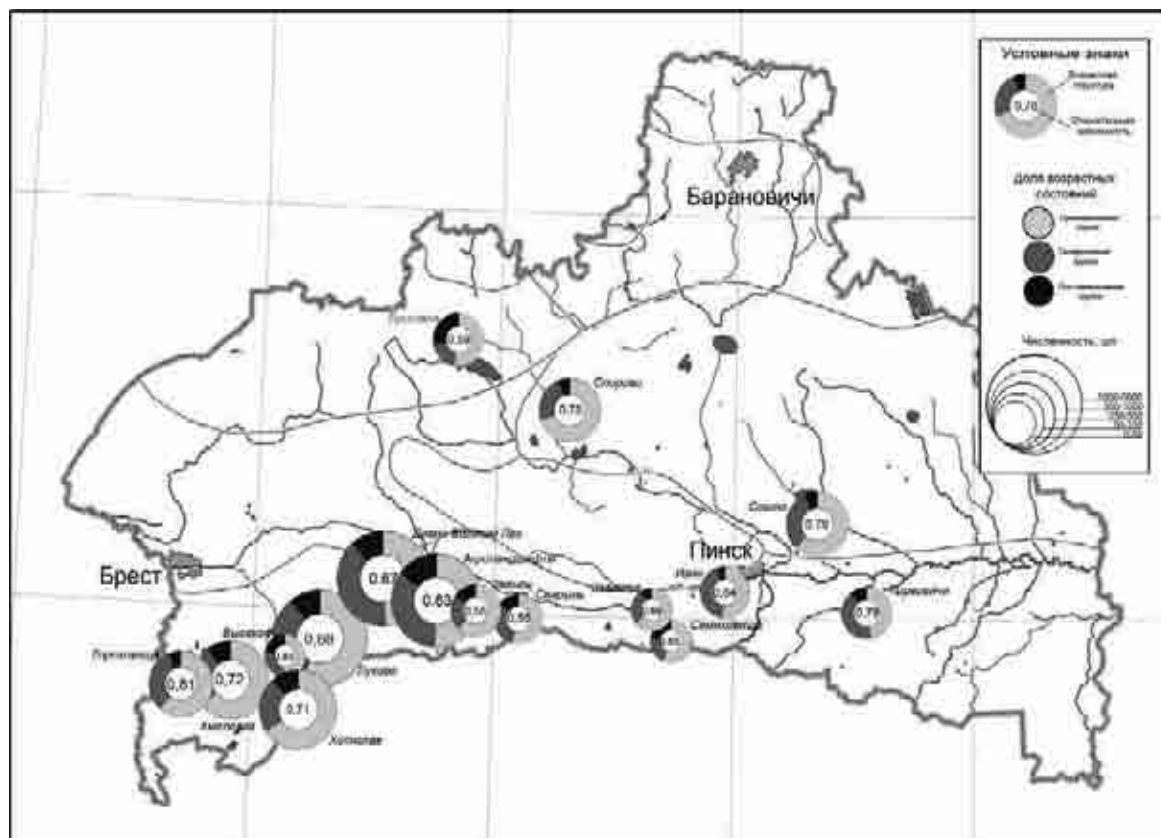
Показательно, что 1/3 наших «краснокнижных» орхидей тяготеют к карбонатным эдафотопам. Наиболее надежным их индикатором является *Cypripedium calceolus* L. – вид, первым взятый под охрану в Европе (1878, Швейцария). Соэкологический статус Красной книги Республики Беларусь – III категория (VU) – уязвимый вид. Занесен в Приложение II к Конвенции СИТЕС, в Приложение I к Бернской конвенции и в Приложение II к Директиве Европейского Союза о местах обитания. На протяжении последних 20 лет на территории Брестского и Припятского Полесья выявлено свыше 60 местонахождений вида общей численностью около 18 тыс. побегов, что оценочно составляет около 12–15 % численности европейской популяции вида. Наиболее крупные популяции *C. calceolus* сосредоточены в Кобринском районе (биологический заказник «Дивин-Великий Лес», система островных дендромассивов в агроландшафтах ОАО «Днепробугское»), Малоритском районе (биологические заказники «Луково», «Хмелевка»), Пинском районе (биологический заказник «Изин», перспективный для охраны объект «Сошно») (рисунок).

Результаты исследований орхидных в южной полосе грабовых дубрав стали среди прочих факторов серьезным основанием для создания ряда охраняемых природных территорий: Государственных биологических заказников «Луково», «Тырвовичи», местных биологических заказников «Дивин-Великий Лес», «Хмелевка», «Изин», ботанического памятника природы «Высокое». Кроме того, были выявлены следующие перспективные для охраны объекты, в том числе и предложенные для включения в третью «Схему...»: «Днепробуг», «Сварынь», «Сошно», «Хмелевка», «Хотислав» и др. Все они в пределах Малоритской равнины и Средне-Припятской низины образуют ряд (в прямом смысле этого слова) заповедных территорий, связанных между собой непосредственной топографической близостью, относительной континуальностью лесной и болотной растительности, флористической родственностью, в том числе и в отношении охраняемых видов, и образуют своеобразный пояс, названный нами Орхидным [8].

На территориях Орхидного пояса отмечается 34 вида ВСР, включенных в Красную книгу Республики Беларусь (2005), что составляет бо-

лее 19 % от числа категориальных видов издания. Наиболее репрезентативными в данной группе являются Орхидные – 8 видов (или 23,5 % от числа выявленных охраняемых видов); остальные семейства представлены 1–3 видами. Кроме *C. calceolus* в группе орхидей представле-

ны: *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch. (III), *Cephalanthera rubra* (L.) Rich. (III), *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Brnh.) Bess. (III), *Gymnadenia conopsea* (L.) R.Br. (III), *Listera ovata* (L.) R.Br. (IV), *Orchis mascula* L.(II), *Platanthera chlorantha* (Cust.) Reichenb. (III).



Распространение и основные популяционно-демографические характеристики ЦП *C. calceolus* в Брестском и Припятском Полесье

В границах «Орхидного пояса» также установлены местообитания 27 видов, занесенных в список растений Красной книги, нуждающихся в профилактической охране (22,0 % от его объема). Среди них 5 видов орхидей (или около 19,0 %): *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soo, *Dactylorhiza maculata* (L.) Soo, *Epipactis helleborine* (L.) Crantz., *Neottia nidus-avis* (L.) Rich., *Platanthera bifolia* (L.) Rich.

Таким образом, репрезентативность всего разнообразия Орхидных Беларуси в границах «Орхидного пояса» Полесья, исходя из современного состояния флористической изученности данной территории, составляет около 40,0 %.

Безусловно, заповедание территорий на сегодняшний день выступает в качестве основной, наиболее деятельной и эффективной формы охраны объектов растительного мира. Однако по своей сути она является экстенсивной и реализуется путем механического приращения площадей с разными режимами охраны природных комплексов. Очевидно, что такое прираще-

ние имеет свои объективные рамки – с каждым годом все труднее создавать ООПТ, особенно с полным выведением участков из хозяйственного оборота. Поэтому рациональное решение проблемы охраны БР флоры требует реализации новых подходов, совмещающих интересы развития народно-хозяйственного комплекса с природоохранными задачами. На наш взгляд, перспективными являются два направления:

дополнение сложившейся системы особо охраняемых природных территорий малыми типами ООПТ, прежде всего, памятниками природы; наиболее полное сохранение (а при необходимости – восстановление) экосистем в границах основных путей миграций живых организмов.

Эти направления соответствуют идее «Орхидного пояса» Полесья. Более того, сама она, основываясь на ландшафтно-геохимическом подходе, открывает ориентиры поиска ценных в ботаническом отношении территорий. В свою очередь идея «Орхидного пояса» концептуально наиболее близка основным положениям между-

народной программы «Ключевые ботанические территории» («Important Plant Areas» – IPA), начало реализации которой положено в 2002 г. на 6-й Конференции сторон Конвенции о биологическом разнообразии (CBD). Основная цель программы – выявить на основе единых критериев и сберечь как систему с использованием территориального подхода наиболее ценные для сохранения растительного мира объекты. IPA выделяются с использованием трех критериев: А (виды, находящиеся под угрозой), В (видовое богатство) и С (местообитания, находящиеся под угрозой) [1, 6].

Согласно критерию А, IPA объявляются территории, на которых произрастают 5 % и более от общей численности особей вида в стране или 5 наилучших участков, где представлен данный вид. Для видов, отмеченных на 20–100 участках, выбираются до 10 наилучших участков. С использованием критерия А IPA рекомендуется выделять в первую очередь для видов, распространенных неравномерно и образующих в пределах страны, небольшое количество относительно плотных популяций [2]. При этом следует принимать во внимание степень угрозы для вида и необходимость охранных мер; для IPA следует выбирать только жизнеспособные популяции или такие, жизнеспособность которых может быть восстановлена в случае принятия мер по улучшению условий существования [1].

Очевидно, что в пределах «Орхидного пояса» Полесья идентификация IPA по критерию А возможна, прежде всего, на основе данных о популяциях *C. calceolus* – вида растений флоры Беларуси, имеющего первостепенное значение для выделения IPA. Перечисленным выше требованиям в полной мере удовлетворяют 2 объекта: Государственный биологический заказник «Луково», где сосредоточено около 12 % от общей численности вида в Республике Беларусь, а также местный биологический заказник «Дивин-Великий Лес» и расположенная восточнее его

группа островных агроландшафтных дендроучастков, совместно образующих потенциальный объект охраны «Днепробуг» (согласно третьей «Схемы...») и обеспечивающих поддержание около 30 % национальной популяции вида. В обоих случаях на участках представлены популяции с довольно высокой относительной жизненностью, хотя агроландшафтные местообитания вида требуют незамедлительных дополнительных мер охраны. Площадь данных участков (соответственно 1,5 и 3,1 тыс. га) находится в пределах средней площади IPA, наблюдаемой в Эстонии, Румынии, Словакии, Чехии и некоторых других странах.

Таким образом, в южной полосе подзоны хвойно-широколиственных лесов (грабовых дубрав) в границах Малоритской равнины и Средне-Припятской низины система созданных и перспективных особо охраняемых природных территорий, названная нами, как уже указывалось, «Орхидным поясом» Полесья, обеспечивает поддержание особо ценных комплексов редких видов растений и фитоценологических объектов. В пределах «Орхидного пояса» типично зональные сообщества дополняются флористическими комплексами и фитоценологическими раритетами, имеющими почвенно-геохимическую обусловленность (карбонатные варианты). В границах «Орхидного пояса» отмечается 34 вида из охранных категорий Красной книги Республики Беларусь и 28 видов из списка растений, нуждающихся в профилактической охране, соответственно 8 и 5 из которых относятся к семейству Orchidaceae. Наиболее репрезентативные сегменты «Орхидного пояса» Белорусского Полесья – биологические заказники «Луково» (Малоритский район) и «Дивин-Великий Лес» в комплексе с островными агроландшафтными дендроучастками (Кобринский район) предлагается рассматривать с точки зрения их соответствия критериям IPA.

Л и т е р а т у р а

1. **Андерсон Ш.** Идентификация ключевых ботанических территорий: руководство по выбору участков в Европе и основа развития этих правил для всего мира. М., 2003.
2. **Андриенко Т. Л., Онищенко В. А.** Международная программа «Важные ботанические территории» (IPA) и перспективы ее развития в Украине // Укр. ботан. журн. 2007. Т. 64, № 1. С. 140–145.
3. **Воронов А. Г., Дроздов Н. Н., Мяло Е. Г.** Биogeография мира. М., 1985. С. 52–55.
4. **Дзямянчык В. Т.** Праблемы вивучэння, захавання і выкарыстання трансгранічных экасістэм Палескай нізіны // Прыроднае асяроддзе Палесся – сучасны стан і яго змены: Тэз. дакл. Міжнарод. навука. канф. Брэст, 2002. С. 68–74.
5. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды ди-корастущих растений. Минск, 2005. С. 227–259.
6. **Масловский О. М., Ярошевич Е. Н., Пронькина Г. А.** Проект ключевые ботанические террито-рии Беларуси. Минск, 2003.
7. **Мееровский А. С., Король Г. С.** Дерновые заболоченные почвы Белорусского Полесья // Про-блемы Полесья. Минск, 1990. Вып. 13. С. 123–128.
8. **Міхальчук М. В.** Канцэпцыя Архіднага пояса Беларускага Палесся // Экалагічна-эканамічныя праблемы развіцця рэгіёна Беларускага Полесья: Матэрыялы Міжнарод. навука.-практ. канф. Минск, 2004. С. 280–283.
9. **Міхальчук Н. В.** Депрессионно-карбонатные комплексы Белорусского Полесья // Вучоныя запіскі Брэсц. дзярж. ун-та. Брэст, 2008. Т. 4, ч. 2. С. 108–119.

10. Парфенаў В. І., Рыкоўскі Г. Ф., Вынаеў Г. У. Тэарэтычныя прынцыпы арганізацыі сеткі ахоўваемых прыродных тэрыторый Беларусі // Весці АН БССР. Сер. біял. навук. 1982. № 6. С. 6–14.
11. Собко В. Г. Орхідеї України. Київ, 1989.
12. Юргенсон Н. А. Особо охраняемые природные территории Республики Беларусь: современное состояние, проблемы, перспективы // Особо охраняемые природные территории. Исследования. Минск, 2006. Вып. 1. С. 33–56.
13. Council of Europe. The Pan-European biological and landscape diversity strategy // Council of Europe. Strasbourg, 1996.

Брестский аграрно-экологический институт НАН Беларуси

Н. В. Михальчук

«ОРХИДНЫЙ ПОЯС» ПОЛЕСЬЯ

Развивается концепция «Орхидного пояса» Полесья. Показано, что система созданных и перспективных особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в южной части Малоритской равнины и Средне-Припятской низины обеспечивает поддержание особо ценных комплексов редких видов растений и фитоценологических объектов. В пределах «Орхидного пояса» типично зональные сообщества дополняются флористическими комплексами и фитоценологическими объектами, имеющими почвенно-геохимическую обусловленность (карбонатные варианты). В границах «Орхидного пояса» отмечается 34 вида из охранных категорий Красной книги Республики Беларусь, 8 из которых относятся к семейству Orchidaceae Juss.

Помимо создания новых ООПТ, рациональное решение проблемы охраны биологического разнообразия флоры требует реализации других подходов, наиболее перспективными из которых могут быть следующие:

дополнение сложившейся системы особо охраняемых природных территорий малыми типами ООПТ, прежде всего, памятниками природы;

максимально возможное сохранение (а при необходимости – восстановление) экосистем в границах основных путей миграций живых организмов.

Эти направления соответствуют идее «Орхидного пояса» Полесья, а сама она, основываясь на ландшафтно-геохимическом подходе, открывает ориентиры поиска ценных в ботаническом отношении территорий

Наиболее репрезентативные сегменты «Орхидного пояса» Белорусского Полесья – биологические заказники «Луково» (Малоритский район) и «Дивин-Великий Лес» в комплексе с островными агроландшафтными дендрочастками (Кобринский район) предлагается рассматривать с точки зрения их соответствия критериям ІРА.

N. V. Mikhalchuk

«ORCHID BELT» OF POLESIE

The article describes the concept of the «Orchid belt» of Belarusian Polesie. It is shown that the system of created, planned and perspective especially protected natural areas in the belt of horn-beam-oak forests of Malorita plain and Middle-Pripiat lowland secures conservation of especially valuable complexes of rare plant species and phytocoenotical objects. Within the «Orchid belt», typical zonal communities are complemented by floristic and phytocoenotical rarities which have soil and geo-chemical determination (calceophytic option). On the territory of the «Orchid belt» there are registered 34 species of plants listed in the Red Data Book of the Republic of Belarus, 8 of which belong to the Orchidaceae Juss. family. The most representative segments of the «Orchid belt» of Belarusian Polesie should be considered for compliance with the criteria of IPA's (important plant area). Besides the creation of new EPNT, the rational solution of a problem of protection biological variety of flora demands realisation of other approaches most perspective of which can be the following:

Addition of the developed system of especially protected natural territories with small types EPNT, first of all, nature sanctuaries;

The greatest possible preservation (and if it is necessary – restoration) of ecosystems in borders of the basic ways of migrations of live organisms.

These directions correspond to ideas of «Orchid belt» of Polesie, and it, being based on the landscape-geochemical approach, opens reference points of search of valuable in a botanical relation territories.

The most representative segments of the «Orchid belt» of Belarusian Polesie are – biological reserves «Lukovo» (Malorita district) and «Divin-Great Wood» in complex with island agrolandscape and dendrological areas (Kobrin district) are offered to be considered from the point of view of their conformity to IPA's criterias.

В. Е. Тышкевич, В. Н. Гулик, А. А. Шимчук

ТРОФИЧЕСКАЯ ЕМКОСТЬ УРОЧИЩ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ УКРУПНЕНИЯ ТЕТЕРИНСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ БЛАГОРОДНОГО ОЛЕНЯ

Благородные олени Тетеринской популяции – ведущий бренд охотничьего хозяйства, и ее укрупнение увеличивает трофейный потенциал Беларуси. Рассмотрены перспективы укрупнения популяции, основанные на оценке трофической емкости урочищ. Установлены запасы кормов для копытных, трофическая конкуренция и предложены оптимальные варианты проведения подкормки оленя, требуемые для наращивания численности и сохранения устойчивости фитоценозов.

Трофическая специализация копытных, в частности видов из семейства оленьих и зубра зависит от встречаемости кормовых растений и их доступности (по высоте кормовой зоны – яруса). Этап сукцессии определяет особенности пастбища оленьих в осенне-зимний период, а сроки вегетации, когда для выпаса используются в основном травянистые растения, в весенне-летний. Соответственно наименее продуктивны как пастбища оленя, косули и лося высокоствольные и сомкнутые насаждения с минимумом растений в составе напочвенного покрова и подлеска, а максимально высокие запасы кормов дают луговые и полевые угодья (наибольшие на стадии естественного облесения). Доступность кормов бобра, как дендрофага, определяется обводненностью урочищ (удаленность кормовых растений от водотока) и при меньшей зависимости от этапа сукцессии высокоствольные деревья дают ему наибольшее количество корма. Главенствующие факторы распространения бобра – совокупное влияние среды обитания (возможность регулирования стока) и климата (осадки), но развитость мелиоративной сети упрощает экспансию. Избыточность бобра вызывает заселение сезонно обводненных водоемов, что в конечном итоге ведет к элиминации излюбленных веточных кормов более ценных животных, в частности копытных, и это прямое выражение трофической конкуренции.

Формирование естественного растительного покрова ландшафтов (облесение) трудно представить без воздействия травоядных. При этапной смене процессов сукцессии в формировании настоящих лесов наблюдается различное по воздействию и объему потребления участие фитофагов – диких копытных, бобра и зайцеобразных. Пастбищная нагрузка копытных (зайцеобразных) на начальном этапе зарастания открытых пространств придает высокую устойчивость развитию фитоценоза, ведь излюбленные корма оленьих – мелколиственные породы, а без их элиминации происходит существенная задержка формирования типичных для Беларуси хвойных и широколиственных лесов.

Методики ландшафтной классификации охотничьих угодий, как среды обитания животных

заложены в основу классического охотоведения. Они выстроены на устойчивости (функционировании) наиболее характерных сочетаний типов урочищ и подурочищ [2, 7–12, 14, 16–22, 32].

Рассматриваемые в данной работе преимущественно естественные по происхождению урочища северо-запада Могилевской области всегда имели многочисленное население копытных, бобра и зайцев (русак и беляк) и в 80-е гг. XX в. были заселены благородным оленем. Центральнo-Березинская равнина как среда обитания копытных изучалась В. Н. Гуликом, В. Ф. Дуниным, А. Д. Янушко, А. А. Данилкиным и другими исследователями, отмечавшими высокое качество угодий.

Конкретизированная оценка качеств местообитаний (среды обитания) охотничьей фауны в данном регионе проводилась неоднократно (рассматривалась даже возможность вселения зубра). Смена направлений охотничьего хозяйства за счет вселения зубра и других, не встречающихся в регионе видов, требует существенного финансирования, а уже созданные популяции копытных в значительной мере востребованы [15, 18, 21, 23, 27, 33, 34].

Крупнейшие урочища, несмотря на многолетнюю заселенность животными, сумели сохранить устойчивость фитоценозов и продолжают восстанавливать свой естественный облик за счет зарастания открытых пространств деревьями и кустарниками. Вследствие описываемых процессов трофические ниши травоядных сохраняют устойчивость и многочисленность копытных (рис. 1, табл. 1), а применяемая в основном зимняя подкормка оленя усиливает его территориальную привязанность (рис. 2).

Задачей управления дикими копытными, в особенности наиболее ценными и хозяйственно значимыми, является увеличение их численности. Восстановление (наращивание) численности копытных и их экспансия на малозаселенные территории позволяет использовать этапную смену процессов сукцессии (вегетации) в охотничьем хозяйстве и в соответствии с задачами современного охотоведения применяется повсеместно – от саванн Африки до лесов Европы.



Рис. 1. Олень в естественной среде обитания

Таблица 1. Сравнительная характеристика лесных урочищ по лесоустройству 1995 и 2006гг.

Тип биотопа	Лесничество (га), по лесоустройству						Всего по участку (га), в том числе в %			
	Круглянское		Кручанское		Шепелевичское					
	1995	2006	1995	2006	1995	2006	1995	%	2006	%
Сосняки	1541	1342	2194	2212	3918	3904	7653	33,5	7458	26,9
молодняки	269	235	435	339	740	576				
средневозрастные и припевающие	1272	1107	1759	1873	3178	3328				
Ельники	3870	3322	1500	1184	1245	1187	6615	29,0	5693	20,5
молодняки	987	612	495	256	380	287				
средневозрастные и припевающие	2883	2710	1005	928	865	900				
Березняки	1311	1702	1940	2831	2363	2844	5614	24,6	7377	26,6
молодняки			35	383	133	383				
средневозрастные и припевающие			1905	2448	2230	2461				
Осинники	559	983	169	196	179	222	907	4,0	1401	5,0
молодняки			23	64	12	55				
средневозрастные и припевающие			146	132	167	167				
Ольшаники	191	400	42	316	176	388	409	1,8	1104	4,0
молодняки				91		98				
средневозрастные и припевающие			42	225	176	290				
Дубравы	336	335	90	179	31	47	457	2,0	561	2,02
молодняки			90	94	18	29				
средневозрастные и припевающие				85	13	18				
Ясенники	22	35	4	7			26	0,11	42	0,15
Кленовники	2	1	5	145			7	0,03	146	0,52
Ивняки	129	302					129	0,56	302	1,9
Прочие		46					0	0	46	0,16
Итого лесопокрываемые	7961	8468	5944	7070	7912	8592	21817	95,5	24130	86,9
Вырубки	51	167	25	89	43	121	119	0,5	377	1,4
Проголины, пустыри			2		26	35	28	0,12	35	0,13
Сенокосы			12	18	32	37	44	0,192	55	0,198
Пастбища, выгоны					11	15	11	0,048	15	0,054
Пашни			3		1		4	0,02	0	0
Болота			178	180	89	85	267	1,17	265	0,95
Прочие		745	203	944	349	1200	552	2,4	2889	10,4
Итого не лесопокрываемые	51	912	423	1231	551	1493	1025	4,5	3636	13,1
Общая площадь	8012	9380	6367	8301	8463	10085	22842	100	27766	100



Рис. 2. Олени, получающие зимнюю подкормку

Среди белорусских популяций благородного оленя наиболее высока ценность у Тетеринской популяции (эпицентр – Круглянский район). Хорошая приспособленность местных оленей к ландшафтно-климатическим условиям требует существенного наращивания численности и дальнейшего содействия экспансии на смежные территории (расселения). При этом в угодьях, заселенных оленем, многочисленны лось, кабан, косуля, бобр и зайцеобразные, и что предполагает некоторую трофическую конкуренцию, а современные подходы к оценке запасов кормов для обоснования приоритета культивирования конкретных видов оленьих требуют ее расчета [2, 4- 6, 9- 12, 25, 32].

С целью оценки вероятности естественного расселения диких копытных с территории Круглянского района проведена оценка качества местообитаний смежных (более лесистых) районов.

Общеизвестным является тот факт, что качество охотничьих угодий определяет сочетание их типов.

Типы выделяют по признакам лесов, коррелирующим со средней многолетней относительной плотностью основных экономически значимых видов (копытных).

Таковыми признаками являются: степень увлажнения почв, породный состав лесов, наличие молодняков.

Выделенные признаки охотничьих угодий выгодны тем, что их можно выразить математически (моделью). Модель оценки качества местообитаний следующая:

$$\ln Y = \exp[-0,21 \cdot (2\arcsin\sqrt{x_1}) + 0,27(\ln x_2) + 0,08x_3],$$

где Y – средняя многолетняя относительная плотность населения основных видов копытных в бал-

лах; x_1 – дифференцированная оценка потенциального качества лесных охотничьих угодий; x_2 – качество или плодородие сельскохозяйственных земель по району; x_3 – средняя многолетняя температура января.

Применены следующие исходные данные:

Район	x_1	x_2	x_3	Y	Y
				по модели	экспериментальный
Крупский	24	31	7,4	40,16	23,9
Бельничский	15	36	7,3	55,1	36,4
Толочинский	24	40	7,6	55,5	50,7
Круглянский	11	35	7,6	64,6	66,7

Выполненные нами расчеты подтверждают тот факт, что Круглянский район, как эпицентр расселения диких копытных, характеризуется наивысшим баллом качества угодий для копытных семейства оленьих среди смежных ему районов, а территория Бельничского и Толочинского районов уже заселена оленями [21]. К факторам, не имеющим прямого отношения к управлению средой обитания оленьих, относят доступность кормов (результат землепользования), сельскохозяйственную и лесоводческую деятельность и климат [1–12, 16, 17, 19– 22, 25, 32].

Для обоснования количества благородных оленей, которое может обитать в Круглянском районе, в 2008 г. произведена качественная оценка лесных угодий для оленя и конкурирующих в разной степени видов (табл. 2).

Пробные площадки (200), были заложены из расчета 1 на 50 га леса. Наиболее высокое качество угодий для оленя оказалось в лесном массиве площадью около 20 тыс. га, совпадающем с эпицентром популяции оленя.

Таблица 2. Натурная оценка качества угодий Круглянского района для различных видов животных в эпицентре распространения Тетеринской популяции оленя

Показатели, применяемые для оценки среды обитания животных	Вид животного				
	Зубр	Лось	Кабан	Олень	Косуля
Плотность населения животных, соответствующая качеству угодий (особей на 1 тыс. га) без учета подкормки (биотехнии)	2,7	5,5	6,5	7,2	22,3
Площадь обитания вида (тыс. га) без учета полевых угодий	18,4	16,3	18,4	18,4	18,4
Средневзвешенный показатель качества угодий вида (числовой)	84	147	132	148	112
Оптимум численности (особей) при сохранении трофических ниш конкурирующих видов без учета подкормки (биотехнии)	50	90	120	133	400
Хозяйственно целесообразная численность (особей) при приоритете разведения оленя и проведении подкормки животных (биотехнии)	25	130	200	320	500

Еще 8,5 тыс. га лесов (фрагменты по 100–300 га на 80 тыс. га сельхозугодий) лишь в своей западной части, примыкающей к лесному массиву, заселены оленем и в качестве угодий, пригодных для его обитания нами пока не рассматриваются.

Натурная оценка качества угодий Круглянского района, проведенная в 2008 г., не выявила следов угнетения растительности, связанных с пастбищной нагрузкой оленьих на растительные ассоциации, подтверждая неполную занятость их трофических ниш.

Использование лесотаксационного материала показало, что сосняки, березняки и ельники – наиболее распространенные типы леса (встречаются ольшаники, осинники и дубравы).

В характерных типах леса были заложены пробные площадки для определения породного состава подроста и подлеска и оценки запасов древесно-веточных кормов (по 200 м²) и проведен пересчет всех произрастающих древесно-кустарниковых пород в «кормовой зоне» оленьих (до высоты 3 м) (табл. 3).

Таблица 3. Количество и видовой состав подроста и подлеска в «кормовом ярусе» оленьих

Ступени высоты	Рябина	Клен, ясень	Крушина, ива	Дуб	Осина	Лещина	Бересклет, черемуха	Жимолость, смородина	Ракитник, дрок, калина
Сосняк орляковый									
0,5	4	1	15	7	1	4	6	12	7
1	3	3	11	7	0	5	5	0	0
1,5	2	0	8	4	3	5	1	0	0
2	1	0	5	1	0	4	0	0	0
2,5	1	0	5	1	0	1	0	0	0
3	1	0	4	1	1	1	0	0	0
Сосняк кисличный									
0,5	13	12	19	2	6	2	3	5	7
1	3	1	9	1	3	3	2	1	1
1,5	2	0	6	2	0	0	7	0	0
2	2	0	1	1	0	0	0	0	0
2,5	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Сосняк мшистый (разреженный)									
0,5	14	8	8	3	4	1	4	1	4
1	3	0	3	0	1	0	0	0	1
1,5	7	3	10	0	0	3	0	0	0
2	3	0	11	2	0	0	0	0	0
2,5	1	0	3	1	0	0	0	0	0
3	1	0	3	1	0	0	0	0	0
Сосняк черничный									
0,5	10	0	16	2	15	7	2	0	0
1	17	0	19	0	3	3	0	0	0
1,5	7	0	6	0	3	3	0	0	0
2	0	0	1	0	1	1	0	0	0
2,5	1	0	0	0	1	1	0	0	0
Березняк кисличный									
0,5	13	3	15	2	2	3	3	0	0
1	13	2	12	2	1	4	4	0	0
1,5	4	1	2	1	1	1	1	0	0
2	1	0	0	0	0	2	0	0	0
2,5	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Березняк орляковый									
0,5	13	3	15	2	6	12	0	0	15
1	2	0	2	0	11	1	0	0	0
1,5	4	0	0	2	0	1	0	0	0
2	0	0	0	1	0	1	0	0	0

Окончание табл. 3

Ступени высоты	Рябина	Клен, ясень	Крушина, ива	Дуб	Осина	Лещина	Бересклет, черемуха	Жимолость, смородина	Ракитник, дрок, калина
Березняк черничный									
0,5	13	3	16	5	4	0	0	0	0
1	14	1	14	3	2	0	0	0	0
1,5	6	0	5	3	0	0	0	0	0
2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
2,5	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Ельник кисличный									
0,5	11	5	14	4	5	15	16	12	0
1	0	1	3	5	2	1	4	5	0
1,5	0	1	1	1	0	2	1	0	0
2	0	1	0	2	0	1	0	0	0
2,5	0	1	0	3	0	1	0	0	0
Ельник орляковый									
0,5	14	0	15	7	10	10	15	0	0
1	4	2	3	1	11	3	4	0	0
1,5	2	0	1	0	0	4	0	0	0
2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
2,5	0	0	0	11	0	1	0	0	0
Ельник черничный									
0,5	15	5	19	1	19	13	0	0	0
1	15	0	20	4	10	1	0	0	0
1,5	1	0	1	0	4	3	0	0	0
2	1	0	0	0	1	1	0	0	0
Осинник кисличный									
0,5	13	15	21	13	15	16	17	0	0
1	15	13	19	3	15	3	4	0	0
1,5	14	12	0	4	12	4	1	0	0
2	0	12	0	1	11	1	0	0	0
2,5	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Осинник снытевый									
0,5	17	16	10	7	10	18	19	0	0
1	15	16	41	13	13	4	4	0	0
1,5	21	15	1	2	13	4	1	0	0
2	0	10	0	1	10	3	0	0	0
Дубрава кисличная									
0,5	13	15	17	13	25	13	14	10	0
1	16	14	17	13	0	4	9	0	0
1,5	15	12	10	13	0	3	1	0	0
2	11	12	0	10	0	3	0	0	0
2,5	0	12	0	12	0	1	0	0	0
3	0	14	0	4	0	0	0	0	0
Дубрава снытевая									
0,5	19	17	15	15	10	18	15	11	0
1	18	13	18	15	10	19	5	0	0
1,5	19	13	15	16	10	12	3	0	0
2	0	13	0	14	0	0	0	0	0
2,5	0	12	0	14	0	0	0	0	0
3	0	12	0	10	0	0	0	0	0
Ольс таволговый									
0,5	1	0	30	0	10	0	0	5	10
1	0	1	19	0	10	0	0	3	4
1,5	0	0	2	0	11	0	0	0	7
Ольс осоковый									
0,5	13	0	19	0	0	0	10	4	6
1	15	0	15	0	0	0	0	2	5
1,5	14	0	13	0	0	0	0	0	7

Наибольшее видовое разнообразие кормов, поедаемых оленями, отмечено в сосняках – 12 видов, в том числе в сосняках орляковых – 12, черничных – 7, кисличных – 11, мшистых – 12 (табл. 4).

В березняках встречается 10 видов, в том числе в кисличных – 9, черничных – 7, орляковых – 10 видов.

В ельниках – отмечено 10 поедаемых видов, в том числе в черничных – 8, кисличных – 10, орляковых – 9.

В ольшаниках выявлено 8 видов кормовых растений: в том числе в ольсах осоковых – 8, таволговых – 7.

В осинниках снытевых и кисличных отмечено по 9 видов относящихся к кормам оленей.

В дубравах снытевых и кисличных корма оленей представлены 10 видами.

Для оценки кормовых ресурсов оленей были определены и проанализированы видовой состав, запасы фитомассы и соотношение групп кормов травянистой растительности в преобладающих типах естественных и искусственных лугов, на полянах и заброшенных агроценозах (пашен, сенокосов и пастбищ), характерных для природных комплексов (рис. 3, табл. 5).

Таблица 4. Зарегистрированные виды, их плотность произрастания, процентное соотношение

Все категории	Рябина	Клен, ясень	Крушина, ива	Дуб	Осина	Лещина	Бересклет / черемуха	Жимолость / смородина	Ракитник, дрок / калина
Сосняк орляковый – 141 растение на 200 м ² , 0,7 на м ²									
Всего	12	4	48	21	5	20	12	12	7
в %	8,5	2,8	34	14,9	3,6	14,2	8,5	8,5	5
Сосняк кисличный – 116 растение на 200 м ² , 0,58 на м ²									
Всего	21	13	35	7	9	5	12	6	8
%	18,1	11,2	30,2	6	7,8	4,3	10,3	5,2	6,9
Сосняк мшистый (разреженный) – 104 растение на 200 м ² , 0,52 на м ²									
Всего	29	11	38	7	5	4	4	1	5
%	27,9	10,6	36,5	6,7	4,8	3,9	3,8	1	4,8
Сосняк черничный – 119 растение на 200 м ² , 0,59 на м ²									
Всего	35	0	42	2	23	15	2	0	0
%	29,4	0	35,3	1,7	19,3	12,6	1,7	0	0
Березняк кисличный – 96 растение на 200 м ² , 0,48 на м ²									
Всего	31	6	29	6	5	11	8	0	0
%	32,3	6,3	30,2	6,2	5,2	11,5	8,3	0	0
Березняк орляковый – 91 растение на 200 м ² , 0,45 на м ²									
Всего	19	3	17	5	17	15	0	0	15
%	20,9	3,3	18,7	5,5	18,7	16,5	0	0	16,4
Березняк черничный – 92 растение на 200 м ² , 0,46 на м ²									
Всего	33	4	35	14	6	0	0	0	0
%	35,9	4,4	38	15,2	6,5	0	0	0	0
Ельничек кисличный – 118 растение на 200 м ² , 0,59 на м ²									
Всего	11	9	18	15	7	20	21	17	0
%	9,3	7,6	15,3	12,7	5,9	17	17,8	14,4	0
Ельничек орляковый – 110 растение на 200 м ² , 0,55 на м ²									
Всего	20	2	19	21	11	18	19	0	0
%	18,2	1,8	17,3	19,1	10	16,3	17,3	0	0
Ельничек черничный – 134 растение на 200 м ² , 0,67 на м ²									
Всего	32	5	40	5	34	18	0	0	0
%	23,9	3,7	29,9	3,7	25,4	13,4	0	0	0
Ольс таволговый – 113 растение на 200 м ² , 0,56 на м ²									
Всего	1	1	51	0	31	0	-/0	-/8	-/21
%	0,9	0,9	45,1	0	27,4	0	-/0	-/7,1	-/18,6
Ольс осоковый – 123 растение на 200 м ² , 0,61 на м ²									
Всего	42	0	47	0	0	0	-/10	-/6	-/18
%	34,2	0	38,2	0	0	0	8,1	4,9	14,6
Осинник кисличный – 255 растение на 200 м ² , 1,27 на м ²									
Всего	42	52	40	22	53	24	22	0	0
%	16,5	20,4	15,7	8,6	20,8	9,4	8,6	0	0
Осинник снытевый – 284 растение на 200 м ² , 1,42 на м ²									
Всего	53	57	52	23	46	29	24	0	0
%	18,7	20,1	18,3	8,1	16,2	10,2	8,4	0	0
Дубрава кисличная – 326 растение на 200 м ² , 1,63 на м ²									
Всего	55	79	44	65	25	24	24	10	0
%	16,9	24,2	13,5	19,9	7,7	7,4	7,3	3,1	0
Дубрава снытевая – 381 растение на 200 м ² , 1,9 на м ²									
Всего	56	80	48	84	30	49	23	11	0
%	14,7	21	12,6	22	7,9	12,9	6	2,9	0

Флористический состав напочвенного покрова исследованных растительных ассоциаций сравнительно богат и насчитывает 151 вид травяно-кустарничковой растительности.

Наибольшее количество видов по убыванию отмечается в семействе Сложноцветных (26), Злаковых (15), Бобовых (10), Розоцветных (9). Из отмеченных нами видов травянисто-кустарничковой растительности к группе основных кормов оленей относится 44 вида (29 %), дополнительных 43 вида (28 %), второстепенных и случайных 64 вида (43 %).

Кроме того в обследованных лесничествах в имеющихся луговых ассоциациях встречается

большое количество видов бобовых, злаковых и сложноцветных.

Анализ запаса фитомассы травянистой растительности в выделенных фитоценозах показал, что наиболее продуктивны луга, а заброшенные сенокосы и вырубки, заросшие травянистой растительностью, им уступают. Масса надземной части растений, относящихся к основной группе кормов, в выбранных фитоценозах составляет от 75 % до 92 % запаса всей фитомассы. При расчете допустимой численности оленей нами применены модифицированные для исследований копытных методики [2, 6–12, 17–32].

При анализе запасов кормов учитывалось, что олени могут использовать до 90 % фитомассы.



Рис. 3. Олень на заброшенном сенокосе

Таблица 5. Запасы травянистых кормов, сосредоточенные в лесных урочищах Круглянского района

Квартал	Характеристика биотопа	№ п/п	Запас кормов в г/м² Min – max	Средний запас		Площадь биотопа, га	Общий запас кормов в биотопе, т
				г/м²	т/га		
Кручанское лесничество							
48–51	Заброшенный сенокос	1–20	650–2650	1085,0	10,85	18	195,3
35	Луг разнотравный	21–29	650–1650	1084,2	10,84	10	108,4
62	Зарастающая вырубка	30–31	750–1150	950,0	9,5	8	76,0
60	Заброшенные сенокосы	32–37	650–850	820,0	8,2	10	82,0
22, 37, 49, 45, 61, 62		38–56	350–1050	827,7	8,27	278	2299,1
54	Зарастающие вырубки	57–60	610–1590	928,0	9,28	5	46,4
48		61–65	750–1350	900,0	9,0	3	27,0
59		66–69	700–1350	910,0	9,1	5	45,5
60–61		70–74	800–950	850,0	8,5	5	42,5
55	Заброшенные сенокосы	75–80	650–1050	790,0	7,9	7	55,3
24		81–85	690–950	750,0	7,5	3	22,5
ИТОГО:		1-85				352	3000
В среднем на п/площадку			660–1300	899,53	8,99		
Шепелевичское лесничество							
35, 33, 25, 20, 36	Заброшенные сенокосы	1–18	150–550	320,0	3,2	59	188,8
77–78		19–28	150–1150	807,7	8,0	9	72,0
71		29–37	850–1150	908,8	9,1	10	91,0
62	Пойменный луг	38–42	850–1250	1030,0	10,3	7	72,1
70	Заброшенный сенокос	43–48	650–1450	970,2	9,7	8	77,6
67	Пойменные луга	49–51	850–1350	1037,6	10,4	5	52,0
46		52–56	650–1150	1080,6	10,8	9	97,2
49–50	Заброшенные сенокосы	57–73	350–1050	820,0	8,2	5	41,0
48		74–85	650–1050	850,0	8,5	10	85,0
55	Зарастающие вырубки	86–90	650–1150	950,0	9,5	5	47,5
33		91–95	750–950	900,0	9,0	10	90,0
19		96–100	650–1000	800,0	8,0	5	40,0
ИТОГО:		1-100				142	954,2
В среднем на п/площадку			600–1100	872,9	8,72		

Учитывались следующие показатели: площади основных (характерных) типов леса, их кормовая продуктивность (запасы кормов), площадь луговых угодий и покрытых кустарниками территорий, а также важнейшие особенности экологии благородного оленя:

1) суточная и годовая потребность в кормах и продолжительность периода их потребления;

2) предпочтительность кормов и сезонная смена травянисто-кустарничковой растительности;

3) трофическая конкуренция с другими видами.

Общий запас излюбленных (охотно поедаемых) древесно-веточных кормов (ДВК) оленьих, сосредоточенных в лесах Круглянского района, оценивается более 2 тыс. т (табл. 6).

Основные запасы кормов сосредоточены следующим образом 34 % – в сосняках; 19 – в березняках; 18 – в ельниках; 10 – в дубравах и широколиственных лесах; 4,5 – в осинниках и 2,6 % – в ольшаниках. В остальных менее значимых по представительству типах леса – 12 % (16 % от лесопокрытой площади). Необходимо отметить, что фактические запасы всех ДВК оленя значительно выше: при учете зарастания агроценозов (сукцессии) и спорадически поедаемых видов (береза и др.) запасы достигают 2,5 тыс. т, естественного лесовозобновления и молодняков сосны – 3 тыс. т. Дополнительные 500 и более тонн ДВК (август–апрель) – охотно поедаемые оленем остатки лиственных пород на лесосеках. Таким образом, в пределах естественных урочищ Круглянского района сосредоточено более 3,5 тыс. т. ДВК оленьих.

В каждом из обследованных урочищ в районе обитания оленей (кроме заболоченных и избыточно увлажненных участков) встречаются предпочитаемые ими ДВК (распределены неравномерно в связи с различиями почвенных и др. условий).

Эти корма перестают быть основными при наличии многолетних трав (отавы), озимых культур и проведении подкормки, когда животные замещают их легкоусвояемыми травянистыми кормами. Вместе с тем расчетный, для территории района запас ДВК не лимитирует жизненные потребности 500 и более оленей. Видовое разнообразие и запасы фитомассы напочвенного покрова лесов востребованного в первой половине вегетативного периода, с целью увеличения его разнообразия и объема во второй половине вегетации могут дополняться кормовыми полями (озимыми) и лугами.

Для оценки кормовых ресурсов благородного оленя определены и проанализированы видовой состав, запасы фитомассы и соотношение групп травянистых кормов (ТК) на лугах (сенокосах) и заброшенных агроценозах.

Входящие в район обитания Тетеринской популяции сенокосы и луга характеризуются относительно высокой продуктивностью напочвенного покрова (преобладают злаковые) и способны обеспечить оленя ТК в период вегетации, а масса надземной части растений (основной группы ТК), составляет от 75 % до 80 % от запаса всей фитомассы. Наличие внутри лесов и по их периметру значительной площади заброшенных сенокосов и лугов, играющих роль пастбищ в питании оленей, требует целенаправленных мероприятий по улучшению кормовой базы (подсева бобовых). По состоянию сенокосов на август – сентябрь 2008 г. необходимо ежегодное скашивание перестоявших трав для предотвращения зарастания лугов. Холмистость рельефа района определяет высокую мозаичность и компактность расположения растительных ассоциаций, а имеющиеся запасы естественных кормов, создают благоприятные условия для обитания оленьих.

Проведение заготовки кормов будет усиливать значение сенокосов, за счет появления генераций отавы, для оленя и других животных и обеспечивать их пастбищами вплоть до установления снежного покрова, существенно снизит последующие затраты на подкормку оленей и воспрепятствует их рассредоточению. Более того, проведение подкормки животных способно, существенно сократив потребности в ДВК дать предпосылки для наращивания численности лося.

Появление свободных трофических ниш для лося будет усиливать экономическое значение данного вида в охотничьем хозяйстве региона (рис. 4–8).

Согласно расчетам (учитывают):

1) площадь характерных урочищ и их кормовую продуктивность;

2) потребность, предпочтительность и степень использования кормов (65–70 %);

3) сезонную смену запасов кормов и период их потребления оленями (6–7 месяцев апрель–сентябрь, при наличии отавы – октябрь и начало ноября).

Запасы травянистых кормов достаточны для пастбы и позволяют при этом непосредственно в пределах стаций оленя заготавливать грубые корма.

В Круглянском районе только за счет суммарных запасов основной группы кормов возможно содержание популяции оленя численностью около 500 особей, учитывая полное обеспечение их грубыми кормами или пастбищами с озимыми культурами в период с октября по май.

Необходимо отметить, что пастбищная нагрузка в 600 особей оленя не будет критической для среды обитания копытных и позволит добывать дополнительное число животных или осуществлять их отлов [27, 31].

Таблица 5. Расчет потребности животных в основных кормах (без учета возобновления березы, ольхи, сосны и ели) при различных методах ведения охотничьего хозяйства в Круглянском районе

Вид корма	Об- щий запас, т – min (max)	Норматив использования		Бобр*			Олень*			Лось*			Косуля*			Общая потребность в кормах	
		%	тонны	Число особей	потребность в кормах		Число особей	потребность в кормах		Число особей	потребность в кормах		Число особей	потребность в кормах		тонн	% к нормативу
					на год	всего		на год	всего		на год	всего		на год	всего		
1. Экстенсивный. Расчет с учетом сохранения трофических ниш конкурирующих видов (при отсутствии подкормки животных и озимых культур на полях)																	
ДВК	2000 3500	90	1800	250	1,0	250	325	2,0	650	175	6,0	1050	250	0,3	75	2025	114%
Травянистые	4000	80	3200	250	0,5**	125	325	3,0	975	175	4,0**	700	250	1,0	250	2050	64%
2. Экстенсивный (обычный для Беларуси). Расчет с учетом регулирования численности бобра в октябре–январе (изъятие 100 особей в год)																	
ДВК	2000	90	1800	150	1,0	150	325	2,0	650	175	6,0	1050	250	0,3	75	1952	108%
Травянистые	4000	80	3200	250	0,5**	125	325	3,0	975	175	4,0**	700	250	1,0	250	2050	64%
3. Низкоинтенсивный. При заготовке 300 т грубых кормов (сено) для подкормки оленя и прокашивании 100 га лугов для образования генерации отавы в августе-октябре																	
ДВК	2000	90	1800	250	1,0	250	325	1,5	487,5	175	6,0	1050	250	0,2	50	1837,5	102%
Травянистые	4500	80	3600	250	0,5**	125	325	4,5	1462,5	175	4,0**	700	250	1,1	275	2562,5	71%
4. Низкоинтенсивный (обычный для Беларуси). При регулировании численности бобра (100 в год), заготовке 300 т кормов для оленя и прокашивании лугов																	
ДВК	2000	90	1800	150	1,0	150	325	1,5	487,5	175	6,0	1050	250	0,2	50	1737,5	96,5%
Травянистые	4500	80	3600	250	0,5**	125	325	4,5	1462,5	175	4,0**	700	250	1,1	275	2562,5	71%
5. Интенсивный. При регулировании численности бобра (100 в год), заготовке 300 т кормов для оленя (прокашивание лугов) и высева 50 га озимого рапса																	
ДВК	2000	90	1800	150	1,0	150	400	1,0	400	175	5,0	875	250	0,2	50	1475	82%
Травянистые	4500	80	3600	250	0,5**	125	400	4,0	1600	175	4,0**	700	250	1,0	250	2675	74%
6. Интенсивный. При регулировании численности бобра (100), заготовке 300 т кормов для оленя (прокашивание лугов) и высева 100 га озимого рапса																	
ДВК	2000	90	1800	150	1,0	150	400	0,9	360	175	4,0	700	250	0,2	50	1260	70%
Травянистые	4500	80	3600	250	0,5**	125	400	4,0	1600	175	4,0**	700	250	1,0	250	2675	74%
7. Интенсивный. При регулировании численности бобра (100), заготовке 300 т кормов для оленя (прокашивание лугов), высева 100 га рапса и 40 га ржи																	
ДВК	2000	90	1800	150	1,0	150	400	0,9	360	175	3,5	613	250	0,2	50	1173	65%
Травянистые	4500	80	3600	250	0,5**	125	400	4,0	1600	175	4,0**	700	250	1,0	250	2675	74%
8. Интенсивный. При регулировании численности бобра (100), заготовке 300 т кормов для оленя (прокашивание лугов), высева 100 га рапса и 40 га ржи																	
ДВК	2000	90	1800	150	1,0	150	500	0,9	450	175	3,5	613	250	0,2	50	1263	70%
Травянистые	4500	80	3600	250	0,5**	125	500	4,0	2000	175	4,0**	700	250	1,0	250	3075	85%
9. Высокоинтенсивный. При регулировании бобра (100), заготовке 300 т сена, создании полей люпина белого (30 га), клевера (20 га), высева 100 га рапса и 40 га ржи																	
ДВК	2000	90	1800	150	1,0	150	500	0,9	450	175	3,5	613	250	0,2	50	1263	70%
Травянистые	4500	80	3600	250	0,5**	125	500	3,0	1500	175	3,0**	525	250	1,0	250	2400	67%
10. Высокоинтенсивный. При регулировании бобра (100), заготовке 300 т сена, создании полей люпина белого (30 га), клевера (20 га), высева 100 га рапса и 40 га ржи																	
ДВК	2000	90	1800	150	1,0	150	600	0,9	540	175	3,5	613	250	0,2	50	1353	75%
Травянистые	4500	80	3600	250	0,5**	125	600	3,0	1800	175	3,0**	525	250	1,0	250	2700	75%

*Применены максимальные известные потребности копытных и бобра в ДВК.

** Большую часть травянистых кормов бобра и лося составляют водно-болотные растения, не используемые оленем и косулей.

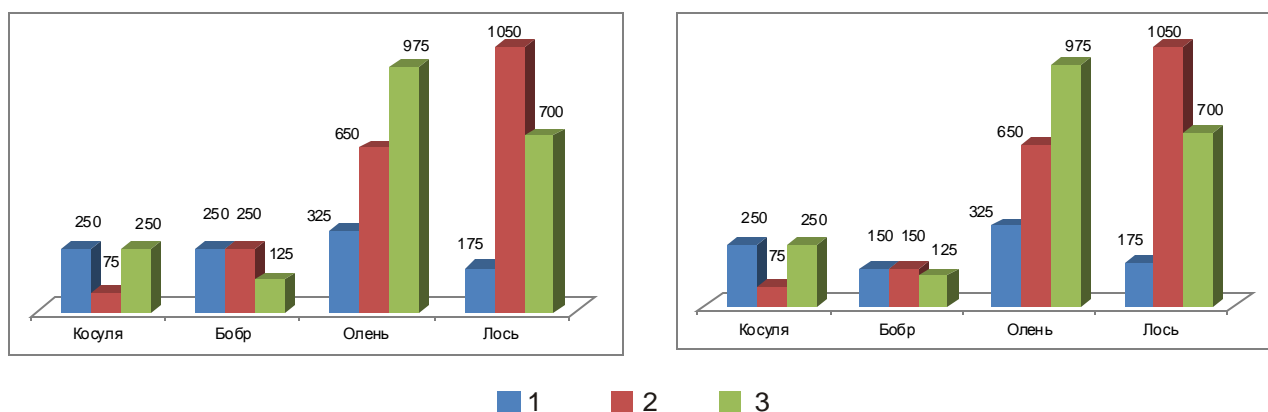


Рис. 4. Использование естественных кормов (без отлова бобра – левый) и требуемое для сохранения трофических ниш копытных с ежегодным отловом 100 особей бобра (правый).
Условные обозначения: 1 – численность особей; 2 – потребление ДВК, т; 3 – потребление ТК, т

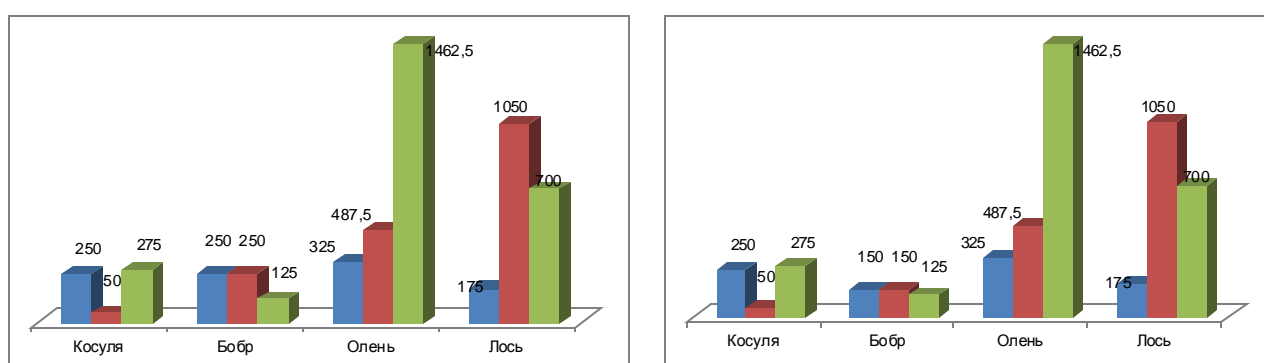


Рис. 5. Использование естественных кормов при скашивании лугов (формирование отавы) и подкормке оленя грубыми кормами (без отлова бобра – левый) и с ежегодным отловом 100 особей бобра (правый). Условн. обозн. см. рис. 3

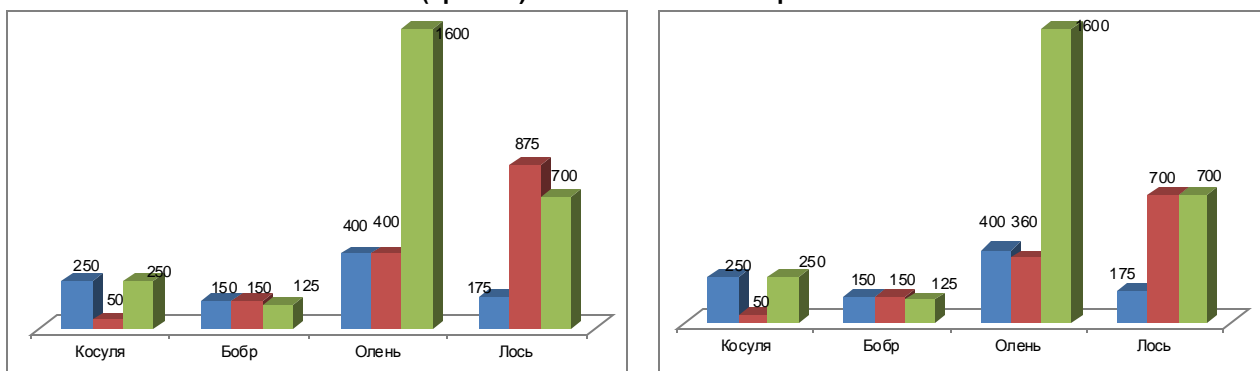


Рис. 6. Использование естественных кормов при скашивании лугов – подкормка оленя грубыми кормами с высевом 50 га озимого рапса (левый) и 100 га озимого рапса (правый). Условн. обозн. см. рис. 3

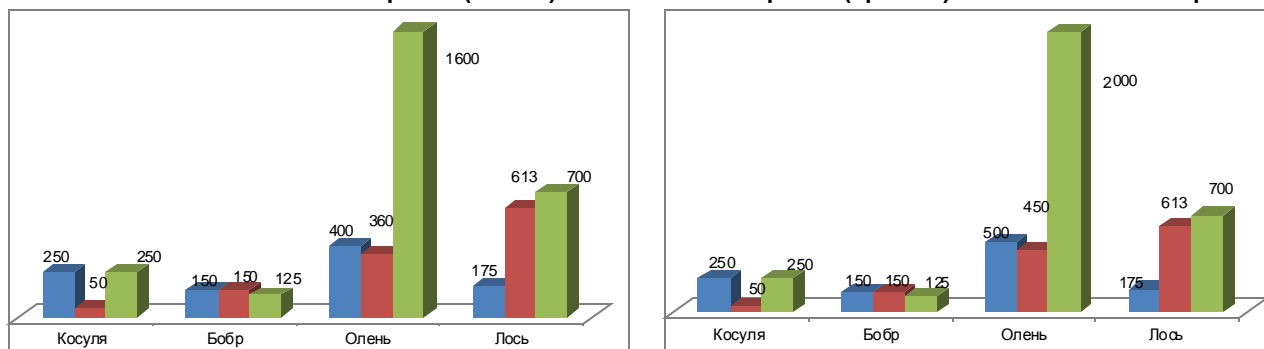


Рис. 7. Использование естественных кормов при скашивании лугов, подкормка грубыми кормами с высевом 100 га озимого рапса и 40 га озимой ржи (левый), тоже при доведении численности оленя до 500 особей (правый). Условн. обозн. см. рис. 3

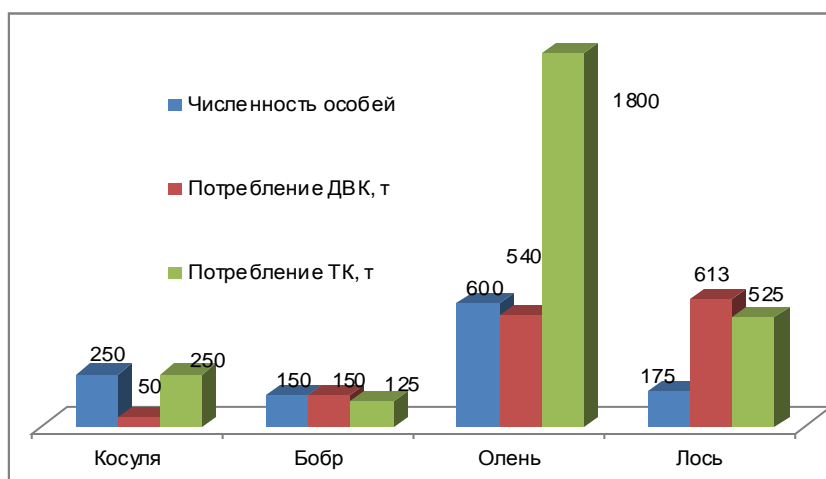


Рис. 8. Использование естественных кормов животными при высоко интенсивном ведении охотничьего хозяйства: скашивание лугов, подкормка грубыми кормами с высевом 100 га озимого рапса и 40 га озимой ржи (левый) и достижении численности оленя в 600 особей

В случае значительного укрупнения популяций оленей недостающие корма осенне-зимнего периода можно получать, скашивая фитомассу на лугах и сенокосах. Предварительные расчеты потребности оленей в кормах и трофической конкуренции даны с учетом возможности проведения хозяйственных (отлов бобра) и биотехнических мероприятий (сенокошение, залужение, высев озимых).

Перспективно возможным планом управления популяциями копытных является применение хозяйственного режима, идентичного территории, на которой встречается благородный олень с целью увеличения территории, занимаемой популяцией. Это возможно путем создания «буферных зон» и оптимизации угодий смежных хозяйств под границы распространения популяции [1, 2, 4–8, 11].

Вариантом улучшения качества белорусских популяций оленя может быть и ограниченный вывоз самцов из Тетеринской популяции, когда выпущенные в новом регионе самцы не допускают к участию в воспроизводстве более мелких оленей (конкурентов), но это направление пока не проработано учеными. Таким образом, существенная отдача от Тетеринской популяции оленя появиться при достижении численности популяции в 500 особей, что позволит производить направленную селекцию и отлов животных для расселения [1, 4–13, 23, 25, 28, 31–34].

В охотничьих угодьях Круглянского района возможно использование метода управления популяцией оленя, разработанного Белорусским отделением Всесоюзного НИИ охотничьего хозяйства и звероводства (ВНИИОЗ) для Осиповичского лесхоза [1]. Данный метод позволяет достичь рентабельного ведения охотничьего хозяйства при сочетании ограниченного отстрела оленей и проведении отлова для расселения (в его рамках создана Тетеринская популяция).

Существует и европейская стратегия управления популяциями благородного оленя, направленная на расширение ареала распро-

странения вида (в принятых в 2005 г. Правилах охоты это реализовывалась в виде нормативной численности диких копытных) [11, 22, 25, 30]. Согласно применению нормативных показателей населенности угодий копытными, для смежных охотничьих хозяйств устанавливается пороговая населенность копытными, например оленей, в пределах 50 % показателей плотности их населения в эпицентре распространения популяции [25, 30].

В связи с тем, что Тетеринская популяция оленя одна из немногих, управление которой осуществляется на научной основе, а выявленные колебания численности вызваны различным уровнем преследования оленей за пределами охраняемой зоны и хищничества охраняемых видов хищников (рыси), необходимо и в дальнейшем применять научно обоснованные методы ведения охотничьего хозяйства. Это окажет существенное содействие расширению ареала распространения популяции.

Необходимо отметить, что в нашей стране осуществляется Государственная программа развития охотничьего хозяйства на 2006–2015 гг., одним из заданий которой является создание новых популяций благородного оленя, а новых популяций благородного оленя в рамках осуществления этой программы сформировать не удалось. При этом в 2009 г. произошло разделение на анклавы Осиповичской популяции оленя, сформированной из наиболее ценных оленей Воронежского заповедника.

Культивирование созданной на их базе Тетеринской популяции, как сохраняющей генетические задатки лучших белорусских оленей, по сути, сохранит потенциал племенного оленеводства в Беларуси. Прогнозируемый экономический эффект укрупнения Тетеринской популяции оленя, вне всяких сомнений, многократно превысит эффект мероприятий, выполненных без надлежащего научного обеспечения и вопреки устоявшимся в Беларуси технологиям расселения благородного оленя [1, 4, 13, 15, 23, 24, 27, 33, 34].

Литература

1. **Бабинок В. В.** Реакклиматизация благородного оленя в лесах Белорусской ССР: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Минск, 1984.
2. **Гулик В. Н., Янушко А. Д.** Определение допустимой плотности населения лосей в лесхозах БССР, в зависимости от качества местообитаний и запасов зимних травяно-веточных кормов. Минск, 1981.
3. **Гулик В. Н., Тышкевич В. Е., Янушко А. Д.** К методике анализа эффективности работы лесохозяйственных предприятий Республики Беларусь // Охрана и рациональное использование животных и растительных ресурсов. Иркутск, 2010. С. 154–156.
4. **Данилкин А. А.** Олени (Cervidae). М., 1999.
5. **Данилкин А. А.** Дикие копытные в охотничьем хозяйстве. М., 2006.
6. **Данилкин А. А.** Динамика населения диких копытных России: гипотезы, факторы, закономерности. М., 2009.
7. **Данилов Д. Н.** Охотничьи угодья СССР. М., 1960.
8. **Данилов Д. Н., Русанов Я. С., Рыковский А. С.** Основы охотоустройства М., 1966.
9. **Дунин В. Ф., Янушко А. Д.** Оценка кормовой базы лося в лесных охотничьих угодьях. Минск, 1979.
10. **Дунин В. Ф., Козло П. Г.** Лось в Беларуси: Экология и лесохозяйственное значение. Минск, 1992.
11. **Дунин В. Ф., Воронецкий Н. Н., Тышкевич В. Е.** Лось и косуля. Мозырь, 1999.
12. **Корочкина Л. Н., Буневич А. Н.** Состав подросто-подлесочного полога и потенциальные запасы зимних естественных кормов древесноядных копытных // Заповедники Белоруссии. Минск, 1979. Вып. 3. С. 99–111.
13. **Кузнецова М. В., Волох А. И., Домнич В. И., Тышкевич В. Е., Данилкин А. А.** Молекулярно-генетические исследования благородного оленя *Cervus elaphus* L. Восточной Европы // Вестн. зоологии. 1980. Т. 41, № 6. С. 505–529.
14. **Кузякин В. А.** Охотничья таксация. М., 1979.
15. **Павлов М. П.** Акклиматизация охотничье-промысловых зверей и птиц СССР т. III Киров, 1999.
16. **Саблина Т. Б.** Значение питания в динамике численности популяций некоторых видов копытных // Вопросы экологии. Т. 6. 1962. С. 123–124.
17. **Толкач В. Н., Дворак Л. Е.** Изменение надземной фитомассы живого напочвенного покрова под влиянием диких копытных // Заповедники Белоруссии. Минск, 1980. Вып. 4. С. 29–38.
18. **Тышкевич В. Е.** Наиболее перспективные направления развития охотничьего хозяйства Беларуси в XXI веке // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства. Киров, 2002. С. 94–97.
19. **Тышкевич В. Е.** Миграции и сроки смены стадий благородным оленем в регионе Восточная Европа–Беларусь // Лесное и охотничье хозяйство. 2004. № 2. С. 30–33.
20. **Тышкевич В. Е.** Лесные охотничьи угодья как среда обитания парнокопытных и зайцеобразных // Лесное и охотничье хозяйство. 2005. № 1. С. 45–51.
21. **Тышкевич В. Е.** Факторы, определяющие состояние популяционных группировок благородного оленя в регионах реакклиматизации // Лесное и охотничье хозяйство. Минск, 2007. № 7. С. 17–25.
22. **Тышкевич В. Е.** Метод естественного формирования популяций оленя (*Cervus elaphus* L.) в смежных охотничьих угодьях // Лесное и охотничье хозяйство. 2008. № 10. С. 26–32.
23. **Тышкевич В. Е.** Проблемы создания новых популяций европейского благородного оленя (*Cervus elaphus* L.) и пути их решения // Биологическое разнообразие Белорусского Поозерья: современное состояние, проблемы использования и охраны. Витебск, 2008. С. 175–177.
24. **Тышкевич В. Е.** Молекулярно-генетические исследования и реинтродукция европейского благородного оленя (*Cervus elaphus* L.) в Беларуси // Фундаментальные и прикладные аспекты генетики Минск, 2008. С. 96–99.
25. **Тышкевич В. Е.** Показатели населенности охотничьих угодий дикими копытными (Artiodactyla) требуемые для восстановления популяций и интенсификации охотничьего хозяйства Беларуси // Природопользование. Минск, 2009. Вып. 15. С. 158–170.
26. **Тышкевич В. Е.** Опыт организации мероприятий по снижению ущерба агроценозам со стороны диких копытных с помощью биотехнических мероприятий и расчет затрат на их проведение // Природопользование. Минск, 2009. Вып. 16. С. 149–156.
27. **Тышкевич В. Е.** Благородный олень: критерии отбора для вселения // Охота. 2010. № 7. С. 21–26.
28. **Тышкевич В. Е.** Интенсификация животноводства Беларуси за счет развития оленеводства // Инновационные технологии в мелиорации и сельскохозяйственном использовании мелиорированных земель. Минск, 2010. С. 211–213.
29. **Тышкевич В. Е.** Рейдство в охотничьем хозяйстве // Охота – национальный охотничий журнал. 2010. № 8. С. 26–29.
30. Указ Президента Республики Беларусь № 580 «О некоторых мерах по повышению эффективности ведения охотничьего хозяйства и рыбохозяйственной деятельности, совершенствованию государственного управления ими». 2005.
31. **Шостак С. В.** Отлов и расселение оленей Беловежской пуши // Беловежская пуша. Исследования. Минск, 1974. Вып. 8. С. 133–141.

32. **Шостак С.В.** Численные соотношения европейского благородного оленя с другими копытными // Заповедники Белоруссии. Минск, 1978. Вып. 2. С. 130–139.

33. **Tyshkevich V., Shabovich A., Shimchuk A.** Experimental Studies of Determination of the Age Structure of Population, Trophy and Selective Animals Ratio in Red Deer Population during Census of Roaring Animals in Belarus // XXIX Congr. Internat. Union Game Biologists. Moscow, 2009. Book of Abstracts. Part 1. P. 210–211.

34. **Tyshkevich V., Shimchuk A., Shostack S.** Formation of Populations of Red Deer (*Cervus elaphus* L.) in Belarus Selection, Genetics and Actual Scientific Approach // XXIX Congr. Internat. Union Game Biologists. Moscow, 2009. Book of Abstracts. Part 2. P. 280–281.

Институт природопользования НАН Беларуси

В. Е. Тышкевич, В. Н. Гулик, А. А. Шимчук

ТРОФИЧЕСКАЯ ЕМКОСТЬ УРОЧИЩ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ УКРУПНЕНИЯ ТЕТЕРИНСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ БЛАГОРОДНОГО ОЛЕНЯ

Лесные урочища северо-запада Могилевской области в 1979–1981 гг. были заселены благородным оленем. Это позволило создать лучшую в Беларуси Тетеринскую популяцию оленя. В соответствии с задачами охотоведения наращивание численности копытных и их экспансия позволяет использовать этапную смену процессов сукцессии (вегетации) в охотничьем хозяйстве.

Для оценки кормовых ресурсов оленьих были определены и проанализированы видовой состав, запасы фитомассы и соотношение групп кормов в разрезе урочищ, характерных для природных комплексов и оценены перспективы наращивания численности благородных оленей.

Установлено, что в пределах естественных урочищ Круглянского района сосредоточено более 3,5 тыс. т. зимних кормов оленьих. Крупнейшие урочища восстанавливают свой естественный облик за счет зарастания открытых пространств деревьями и кустарниками, а трофические ниши травоядных высоко устойчивы и заняты не полностью.

Рассчитанный, для территории Круглянского района запас кормов не лимитирует жизненные потребности 500 и более оленей и даже при достижении численности в 600 оленей не будет критичным для среды их обитания.

V. Tyshkevich, V. Gulik, A. Shimchuk

TROPHY CAPACITY OF FORESTS AND REASONS FOR ENLARGEMENT OF «TETERINSKOYE» POPULATION OF RED DEER

In 1979–1981 South-Western forest lands in Mogilev region were populated with European red deer which resulted in formation of the best population of the red deer in Belarus known as «Teterinskoye» population. In accordance with the main aims of the game-keeping management population growth of the Ungulates and their expansion allow using gradual change of vegetational fluctuation processes in game-keeping.

In order to estimate deer forage resources, species composition, reserves of phytomass and correlation of forage groups have been determined and analyzed. The perspective population growth of the red deer has been evaluated.

It was found out that more than 3.5 thousand tons of winter forage were concentrated within natural forest lands of Kruglyanskoye District. The largest tracts are restored due to overgrowing of open areas by trees and bushes, whereas trophy niche is very steady.

The estimated forage resources in Kruglyanskoye District do not restrict necessities of life of 500 and more deer, so that even population growth up to 600 animals will not be harmful.

С. В. Какарека, О. Ю. Круковская

УРОВНИ И СТРУКТУРА ЗАТРАТ НА ОХРАНУ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Выполнен сравнительный анализ данных о расходах на охрану атмосферного воздуха в Беларуси, России, США, странах ЕС, проанализирована методология получения сводных статистических данных о природоохранных затратах для различных стран. Определена экономическая структура затрат на охрану атмосферного воздуха. Показана целесообразность оптимизации структуры затрат на охрану атмосферного воздуха в Беларуси с увеличением доли капитальных затрат.

Тесная связь между уровнем экономики и состоянием природной среды обуславливает необходимость анализа зависимостей между экологическими и экономическими аспектами хозяйственной деятельности. Взаимодействие этих отраслей знания все более широко проявляется на современном этапе. Влияние экологии на экономику проявляется на макроуровне посредством отражения в системе национальных счетов такими показателями, как доля природоохранных издержек в ВВП (ВНП), доля расходов на охрану окружающей среды в суммарных расходах государственного бюджета, доля инвестиций в природоохранные объекты в общем объеме инвестиций. В то же время требуется обоснованное и эффективное расходование средств на природоохранные цели.

Оптимизация природопользования является ключевым вопросом экономики природопользования. Исследования различных аспектов рационального природопользования, проведенные П. Г. Никитенко, В. Г. Гусаковым, А. В. Неверовым, В. Н. Шимовым, О. С. Шимовой, А. Н. Туром, С. Г. Струмалиным, К. Л. Пожарицким, В. В. Померанцевым, Н. А. Назарбаевым, Т. С. Хачатуровым, С. Ю. Глазьевым и другими учеными, представляют результаты теоретического осмысления проблемы эффективного природопользования в развитии человечества. В то же время пока не уделено нужного внимания анализу структуры экологических расходов, в том числе и на охрану атмосферного воздуха.

Цель данной работы – анализ фактических затрат на охрану атмосферного воздуха и их структуры в Беларуси, а также сравнение с аналогичными показателями других стран, определение критериев эффективности расходования средств на охрану природы.

Для систем различного уровня критерием эффективности природоохранных затрат выступает их величина по отношению к эколого-экономическому ущербу, оцениваемому на уровне 3–6 % ВНП [7]. Согласно литературным данным [7], затраты на природоохранные нужды обычно не превышают 1,5–2 % ВВП. По некото-

рым экспертным оценкам, в ближайшем будущем величина экологического ущерба может достигнуть 10 % ВВП [2]. Накопленные ранее сведения относятся к природоохранным мероприятиям в целом и не выделяют расходования средств на определенные экологические цели, а именно на охрану атмосферного воздуха. Получение и анализ таких данных, в том числе и в сопоставлении с величиной аналогичных расходов в других странах, являются задачей, способствующей достижению поставленной цели.

Исходными данными для анализа являются обобщенные опубликованные сведения за период с 2000 по 2008 г. по странам, выбранным для сравнения, – Австрия, Болгария, Великобритания, Венгрия, Германия, Испания, Кипр, Латвия, Литва, Нидерланды, Польша, Португалия, Россия, Румыния, Словакия, Словения, США, Финляндия, Хорватия, Чехия, Швеция и Эстония [5, 6, 9, 10].

Для обеспечения единообразия собираемых данных были изучены методические подходы по их формированию. Выявленные отличия в методиках сбора позволяют сравнивать их при ряде ограничений.

Во-первых, для отражения сложившейся ситуации и минимизации влияния резких колебаний для сопоставления данные были осреднены за период 2000–2008 гг.

Во-вторых, требуется определенный уровень агрегации: корректное сравнение возможно только для обобщенных параметров, таких, как общая величина затрат на охрану атмосферного воздуха и их доля в совокупных экологических расходах, доля ВВП на охрану атмосферного воздуха, экономическая структура затрат.

В-третьих, возможность сравнения данных только по всей хозяйственной деятельности в целом, без распределения по видам деятельности и формам собственности.

Методы учета затрат на охрану атмосферного воздуха. Затраты на охрану атмосферного воздуха в Беларуси на национальном уровне формируются на основании форм статистической отчетности 1-ис(инвестиции) «Годовой

отчет о вводе в действие объектов, основных средств и использовании инвестиций в основной капитал», представляемых юридическими лицами и их обособленными подразделениями, осуществляющими инвестиционную деятельность по вложению инвестиций в основной капитал и 1-ос (затраты) «Отчет о текущих затратах на охрану окружающей среды», предоставляемых юридическими лицами (кроме субъектов малого предпринимательства), их обособленными подразделениями, имеющими стационарные источники выбросов, у которых разрешенный выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух составляют 25 т и более.

Как и ожидалось, система получения информации о природоохранных затратах в России сходна с действующей в Беларуси – сведения формируются на основании ежегодных обязательных (для определенных категорий предприятий) форм статистической отчетности [4].

К основным отличиям следует отнести сбор информации о затратах на природоохранные научно-исследовательские работы в Беларуси в общей форме текущих затрат, а в России – по отдельной форме № 2-наука «Сведения о выполнении научных исследований и разработок», а также предоставление отчетности о затратах на охрану окружающей среды в размере, включаемом в себестоимость.

Данные о затратах на охрану окружающей среды в США собираются в форме статистических исследований, проводимых по специально утвержденным формам, инструкциям и перечню опрашиваемых субъектов. Такие исследования проведены в 1990–1994, 1999, 2005 гг. Входными сведениями для сравнения уровней затрат явились результаты исследования за 2005 г. [8].

Данные о затратах в странах Европейского Союза получены в обобщенном виде из электронной базы данных статистической информации Европейского статистического агентства Евростат [9]. На этом ресурсе представлена информация в обобщенном виде. Она собрана статистическими ведомствами отдельных стран с различной периодичностью. Ежегодные сведения представлены для Швеции, Польши, Венгрии, Румынии, Словакии, Болгарии, Хорватии и Литвы. Для остальных из рассматриваемых стран Европейского союза такая периодичность не соблюдается, что свидетельствует о регулировании сбора данных национальными законодательствами.

Анализ методов учета природоохранных затрат показал возможность сопоставления результатов по ряду обобщенных категорий, таких как величина затрат в денежном выражении в целом, по экологической (на охрану атмосферного воздуха и климата, водных ресурсов, земель-

ного фонда и т.д.) и экономической структурах (капитальные и текущие расходы).

Абсолютные величины затрат на охрану атмосферного воздуха. Для сопоставления затрат на охрану атмосферного воздуха в различных странах в абсолютных величинах был произведен пересчет из национальных валют в доллары США по среднему курсу за анализируемый период в текущих ценах. В рассмотренных странах затраты на охрану атмосферного воздуха изменяются в пределах от 28 млн долларов в Латвии до 26585 млн долларов в США (рис. 1). По данному показателю Беларусь с затратами в размере с 245 млн долларов занимает промежуточную позицию между Хорватией (201 млн долларов) и Словенией (258 млн долларов). Общее распределение стран по уровням затрат согласуется с экономической ситуацией, за исключением Польши, природоохранные затраты в которой составили 2508 млн долларов в год, что выше аналогичных показателей в Испании (2493 млн долларов) и Швеции (1367 млн долларов).

Распределение стран по уровню затрат на охрану атмосферного воздуха согласуется с распределением совокупных природоохранных затрат. Величина средних затрат на охрану атмосферного воздуха изменяется в пределах от 6,5 млн долларов для Латвии до 12505,8 млн долларов для США.

Полученные результаты позволяют судить только о величине финансовых средств в текущих ценах, расходуемых на воздухоохраные цели, на основании которых можно сделать вывод о росте затрат на охрану атмосферного воздуха при росте объема производства.

Затраты на охрану атмосферного воздуха в долях ВВП. Сопоставление величин затрат на охрану атмосферного воздуха, приведенных к уровням ВВП, позволяет сравнивать степень вовлеченности экономических ресурсов стран в природоохранные процессы (рис. 2).

Согласно полученным результатам, среди рассматриваемых стран Беларусь характеризуется наибольшей долей валового внутреннего продукта, затрачиваемой на охрану окружающей среды в целом (1,4 % ВВП). При этом доля затрат на охрану атмосферного воздуха составляет 0,4 % ВВП, что не является максимальным значением для рассматриваемых стран. Уровень относительных затрат на охрану атмосферного воздуха наиболее высок в России (0,8 % ВВП) и Болгарии (0,5 % ВВП).

По уровню относительных затрат природоохранных затрат в целом к уровню Беларуси наиболее близка Болгария (1,1 % ВВП), Россия (1,1 % ВВП) и Словакия (1,0 % ВВП), со средними относительными затратами на охрану атмосферного воздуха (0,2 % ВВП).

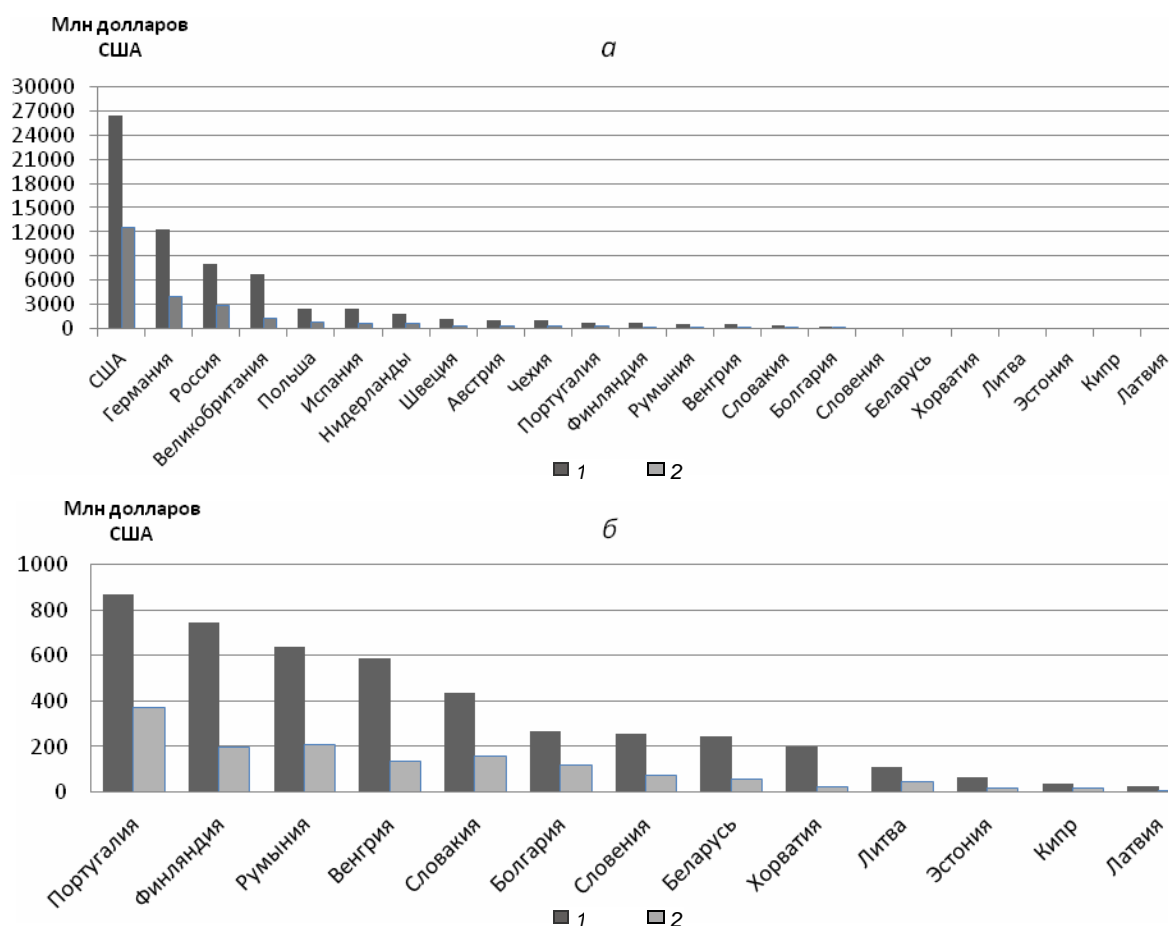


Рис. 1. Абсолютные природоохранные затраты (средние за 2000–2008 гг.) для всех анализируемых стран (а) и для стран с абсолютными затратами менее 1 млрд долларов (б): 1 – затраты на охрану окружающей среды; 2 – затраты на охрану атмосферного воздуха

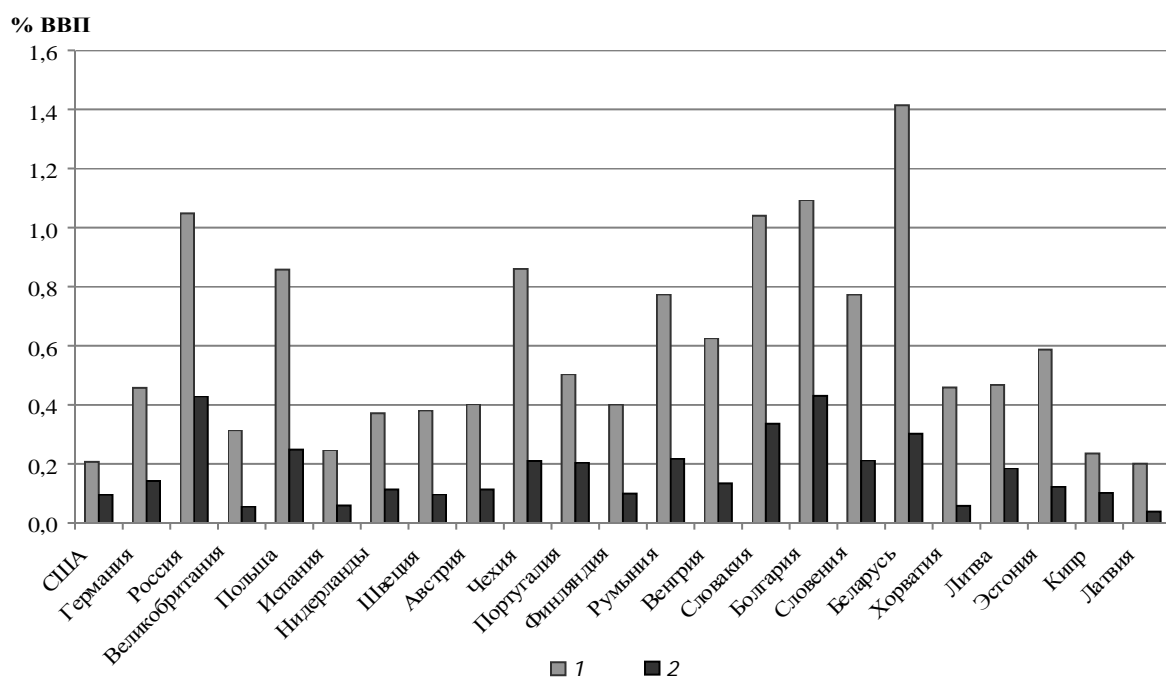


Рис. 2. Относительные природоохранные затраты (осредненные за 2000–2008 гг.): 1 – затраты на охрану окружающей среды; 2 – затраты на охрану атмосферного воздуха

Минимальным уровнем относительных затрат на охрану атмосферного воздуха характеризуются Латвия (0,05 % ВВП), Хорватия (0,05 % ВВП), Испания (0,06 % ВВП) и Великобритания (0,06 % ВВП). Следует отметить, что в большинстве стран на охрану атмосферного воздуха расходуется менее 0,5 % ВВП.

Проведенные ранее исследования динамики затрат на охрану атмосферного воздуха свидетельствуют о том, что в Беларуси в 2000–2005 гг. наблюдался рост затрат на охрану атмосферного воздуха (преимущественно за счет роста текущих расходов) и в 2005 г. достигнут их максимум, сменившийся спадом в 2006 г. [2]. В последующие годы также наблюдался рост абсолютных затрат со скоростью меньшей, чем скорость роста валового внутреннего продукта.

Общее соотношение абсолютных и относительных затрат свидетельствует о том, что наиболее высоки относительные затраты на охрану окружающей среды в странах со средними абсолютными затратами.

Отклонениями от данной закономерности являются Польша, Россия и Чехия, относительные затраты на охрану окружающей среды которых выше предполагаемых – 1,1 %, 0,9 % и 0,9 % ВВП соответственно, а также Финляндия и Венгрия, характеризующиеся уровнями затрат ниже ожидаемых, исходя из закономерности – 0,4 % и 0,6 % ВВП соответственно.

Отмеченная выше тенденция распространяется также и на затраты на охрану атмосферного воздуха. Выше ожидаемой величины затрат на охрану атмосферного воздуха в долях ВВП расходуется в России (0,4 %), Польше (0,3 %) – странах с высокими абсолютными затратами.

Частота повышенных значений относительных затрат для стран с высокими абсолютными затратами в областях предполагаемых низких значений подтверждает экспоненциальный рост природоохранных затрат при повышении темпов роста экономики и требований к качеству окружающей среды.

Наложение кривых абсолютных и относительных затрат может служить способом определения их оптимального уровня. В качестве критерия экономической эффективности может быть выбрано нахождение макросистемы в фазе роста абсолютных затрат и снижения относительных. Эти условия характеризуют ситуацию опережающего роста экономики относительно возрастающих затрат на охрану окружающей среды.

Доля затрат на охрану атмосферного воздуха в природоохранных расходах. При рассмотрении структуры затрат важным этапом является определение доли затрат на охрану атмосферного воздуха в совокупных природоохранных затратах. Анализ доли расходов на

охрану атмосферного воздуха в различных странах не выявил взаимосвязи данного показателя с величиной абсолютных и относительных затрат. Согласно статистическим данным, в рассмотренных странах затраты на охрану атмосферного воздуха составляют от 8,4 % (Хорватия) до 50,9 % (Кипр) расходов на охрану окружающей среды. Доля затрат на охрану атмосферного воздуха в Беларуси находится на уровне среднего значения среди рассматриваемых стран, которое составило 30,5 %. Среднее значение доли затрат на охрану атмосферного воздуха было превышено в США, Германии, Нидерландах, Португалии, Австрии, Румынии, Словакии, Болгарии, Словении, Литве, Латвии и на Кипре (рис. 3).

Экономическая структура затрат на охрану атмосферного воздуха. Одним из важнейших показателей, дополняющих систему национальных счетов, является экономическая структура затрат на охрану атмосферного воздуха. Выделение в общей сумме затрат долей капитальных вложений и текущих расходов позволяет оценить степень интенсивности процессов модернизации основных природоохранных фондов и ресурсоемкость преобладающих технологий.

Анализируемые страны весьма разнородны по экономической структуре затрат на охрану атмосферного воздуха (рис. 4). Текущие затраты преобладают над капитальными в США (69,0 %), Германии (79,0 %), России (63,0 %) и Беларуси (75,2 %).

Сходство структуры затрат для стран со столь большими различиями не может быть объяснено единичными причинами. Минимальный уровень инвестиций в природоохранные затраты в Беларуси может быть вызван невысокими темпами замены оборудования (нормативный срок амортизации – 20 лет), установкой оборудования минимальной стоимости, приоритетом ремонтных работ. Невысокая доля капитальных затрат при большой их абсолютной величине может свидетельствовать как об свободном рынке газоочистных технологий, так и о высокой стоимости эксплуатации установленного оборудования.

Менее 50 % затрат на охрану атмосферного воздуха относятся к капитальным в Нидерландах, Австрии и Финляндии. Остальные из рассматриваемых стран характеризуются преобладанием инвестиций в структуре расходов на охрану атмосферного воздуха. При этом наиболее велика доля капитальных затрат в Швеции (75,1 %), Португалии (84,3 %), Болгарии (79,0 %), Латвии (87,3 %) и Эстонии (80,5 %), что предположительно вызвано высоким государственным приоритетом охраны атмосферного воздуха и модернизации производства в этих странах в данных исторических условиях.

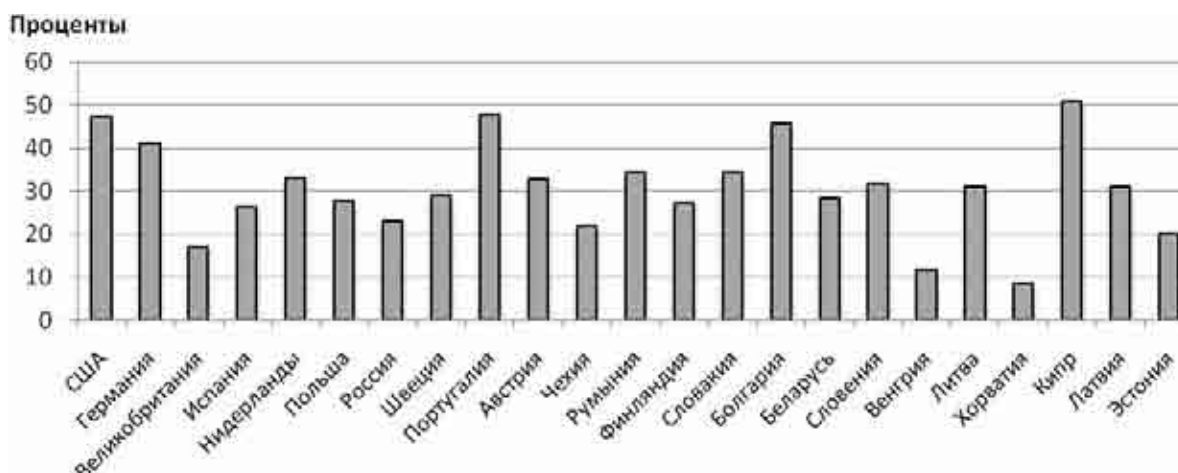


Рис. 3. Доля затрат на охрану атмосферного воздуха в природоохранных затратах

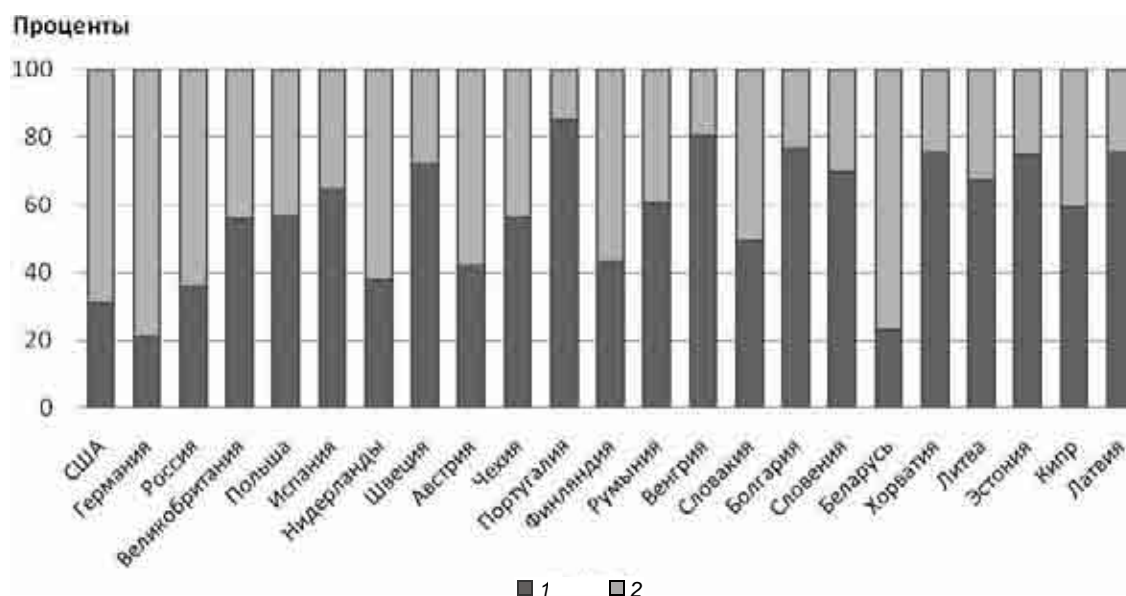


Рис. 4. Экономическая структура затрат на охрану атмосферного воздуха:
1 – инвестиции; 2 – текущие расходы

Еще одним фактором, способным влиять на долю капитальных воздухоохраных инвестиций, является модернизация технологических процессов в целом, не являющаяся исключительно природоохранной статьей расходования средств и ни по одной из методик сбора данных не включаемая в природоохранные расходы. К группе стран, для которых возможна такая ситуация, относятся США, Германия, Нидерланды, Россия.

Информацией, способной в большей мере раскрыть структуру затрат на охрану атмосферного воздуха, является доля воздухоохраных расходов в каждой из экономических категорий затрат на охрану окружающей среды (рис.5). Анализ данной информации показал, что доля затрат на охрану атмосферного воздуха в инве-

стициях незначительно выше аналогичного показателя в текущих затратах, что свидетельствует о недостаточной эффективности мер по стимулированию модернизации воздухоохранного оборудования.

Рассмотрение данных с такой точки зрения позволяет выявить меньшее текущее расходование средств на охрану атмосферного воздуха, чем в остальных сферах. Это, с одной стороны, может быть объяснено большей потребностью других сфер охраны окружающей среды в текущих расходах (например, в реактивах и материалах для охраны водных ресурсов или энерго- и трудовых затрат в обращении с отходами); с другой стороны, подтверждает значимость и эффективность вложения средств именно в замену оборудования в области охраны атмосферного воздуха.

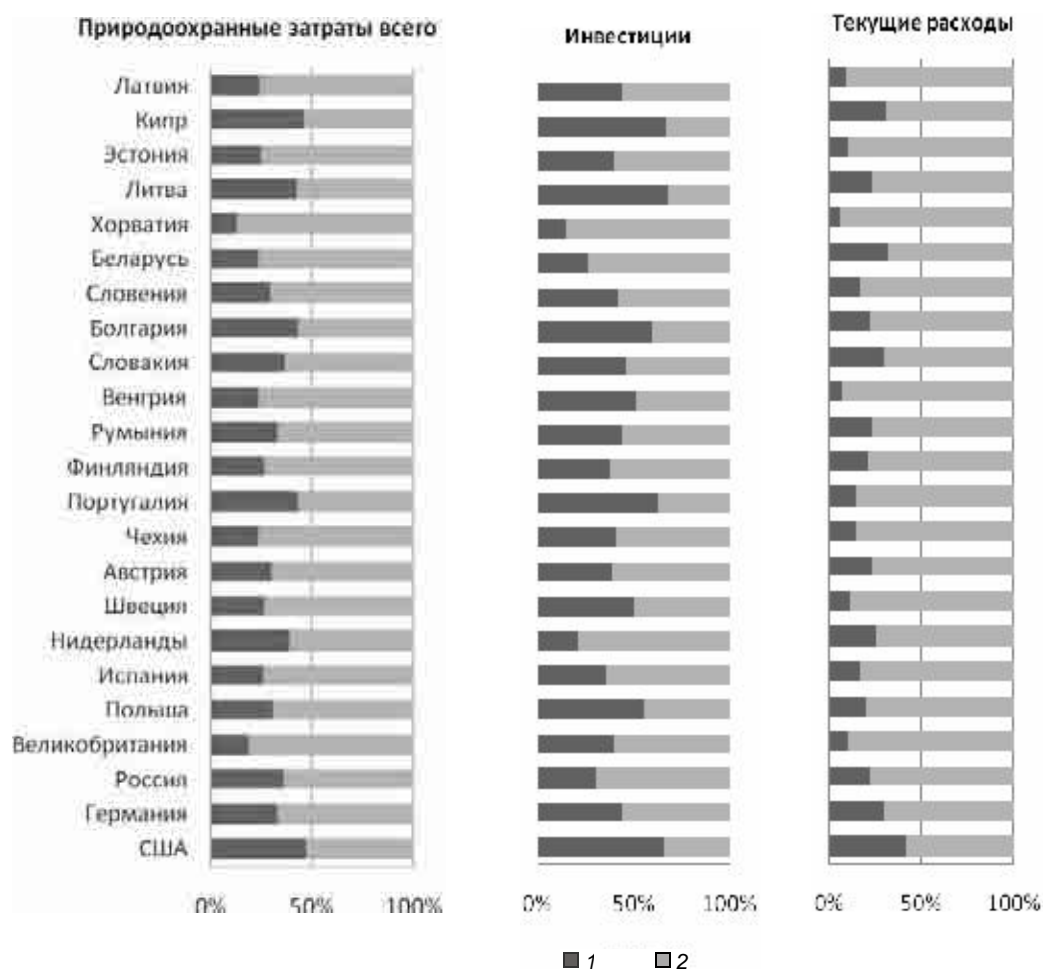


Рис. 5. Доля затрат на охрану атмосферного воздуха в различных элементах экономической структуры природоохранных затрат: 1 – на охрану атмосферного воздуха; 2 – на другие природоохранные цели

Следует отметить, что ни одно из полученных значений не может быть охарактеризовано как нерациональное и должно рассматриваться в контексте действующего в каждой из стран экономического механизма природопользования относительной величины затрат (в долях ВВП). В настоящий момент не существует критерия оптимальной структуры затрат на охрану как атмосферного воздуха в частности, так и окружающей среды в целом. При применении микроэкономического критерия оптимальной структуры (соотношение капитальных затрат к текущим – 60 % : 40 %) на макроэкономическом уровне, наилучшим образом сбалансированной представляется структура затрат на охрану атмосферного воздуха в Великобритании, Словакии, Литве.

Таким образом, анализ затрат на охрану окружающей среды показал, что в Беларуси они характеризуются абсолютной величиной на уровне других европейских стран, сопоставимых по уровню экономического развития. В то же время доля затрат на охрану атмосферного воздуха в валовом внутреннем продукте высока, что в определенной степени указывает на ограничение возможного роста затрат. Существуют несколько причин, не позволяющих считать действующую систему эффективной.

Во-первых, даже затраты на уровне 1,5 % ВВП не покрывают оценочной величины эколого-экономического ущерба (что характерно для всех рассмотренных стран).

Во-вторых, экономическая структура затрат не достаточно сбалансирована вследствие невысоких темпов модернизации воздухоохранного оборудования и, соответственно, невысокой эффективности мер по стимулированию природоохранной деятельности. На основе проведенного анализа можно сделать предварительный вывод о возможности повышения эффективности затрат на охрану атмосферного воздуха для Беларуси путем достижения сбалансированного сочетания расходов, посредством увеличения инвестиций и сокращения текущих расходов.

Несовершенство методики получения статистической информации о затратах на охрану атмосферного воздуха заставляет искать другие способы для дальнейшего определения конкретных механизмов повышения эффективности затрат. Одним из таких способов может являться опрос отдельных предприятий о механизмах формирования статистических показателей и величине показателей, не предусматриваемых действующей отчетностью, но являющихся зна-

чимыми в международной практике оценки природоохранных затрат [1].

Выполненный анализ направлен на оценку эффективности затрат на охрану атмосферного воздуха. Работу планируется продолжить в направлении поиска критериев и оценки эффектив-

ности затрат на охрану атмосферного воздуха в Беларуси, сопоставление с аналогичными показателями других стран с целью выработки научно обоснованного оптимального выбора механизма финансирования природоохранных мероприятий.

Л и т е р а т у р а

1. Анализ затрат на охрану окружающей среды в ННГ. Отчет по Российской Федерации Копенгаген: Министерство экологии и энергетики, Датское агентство по охране окружающей среды. 2000.
2. Гирусов Э. В., Бобылев С. Н., Новоселов А. Л. и др. Экология и экономика природопользования. М., 1998.
3. Какарека С. В., Мальчихина А. В. Использование модели GAINS/RAINS для оценки затрат на снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух // Природопользование. Минск, 2010. Вып.17. С.13–20.
4. Неверов А. В., Водопьянова Т. П. Методологические аспекты построения системы природопользования // Тр. БГТУ. Сер. VII. Экономика и управление. 2002. Вып. X. С.199–202.
5. Охрана окружающей среды в Беларуси // Стат. сб. Министерство статистики и анализа Республики Беларусь. Минск, 2008.
6. Охрана окружающей среды в России // Стат. сб. Росстат. М., 2008.
7. Пахомова Н. В., Рихтер К. К. Экономика природопользования и охраны окружающей среды. СПб., 2003.
8. Шимова О.С., Соколовский Н. К. Экономика природопользования. Минск, 2000.
9. Eurostat Database [Electronic resource]. Mode of access: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_SDDS/EN/env_ac_exp1_esms.htm – Date of access: 22.08.2010.
10. Pollution Abatement Cost and Expenditures: 2005, MA200(05)/ Census Bureau. U.S., 2008.

Институт природопользования НАН Беларуси

С. В. Какарека, О. Ю. Круковская

УРОВНИ И СТРУКТУРА ЗАТРАТ НА ОХРАНУ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Выполнен сравнительный анализ уровней и структуры затрат на охрану атмосферного воздуха в Беларуси, России, США, странах ЕС. Проанализирована методология получения статистических данных о природоохранных затратах для различных стран. Определена экономическая структура затрат на охрану атмосферного воздуха.

Показано, что Беларусь характеризуется средними затратами в абсолютном выражении по сравнению с другими рассматриваемыми странами и высокой долей валового внутреннего продукта, расходуемой на охрану окружающей среды. Величину совокупных затрат на охрану атмосферного воздуха более чем 70 % составляют текущие расходы, в то время как наиболее эффективны для целей охраны атмосферного воздуха инвестиционные затраты, что может служить основанием для приоритета инвестиционных расходов в охране атмосферного воздуха.

Для выявления более подробной структуры расходования средств и выявления конкретных механизмов ее оптимизации целесообразно определить подходы к анализу затрат на охрану атмосферного воздуха, не основывающиеся на статистической информации, а также определить критерии эффективности природоохранных затрат.

S. Kakareka, O. Krukowskaya

AIR PROTECTION EXPENDITURES LEVELS AND STRUCTURE. COMPARATIVE ANALYSIS

The comparative analysis of air protection expenditures levels and structure in Belarus, Russia, USA and European Union is made. The methodology of statistical environment expenditures information collection for the various countries is analysed. The economic structure of air protection expenditures is defined.

It has been shown that Belarus is characterised by average expenses in comparison with other considered countries and liberal share of GDP spent for air protection. Current costs account more than 70 % of total air protection expenditures while investments are more effective thereto that can be a base for investment priority in protection of atmospheric air.

For revealing of more detail expenditure pattern and finding out concrete ways of its optimisation it is reasonable to define approaches to the analysis of air protection costs which aren't based on the statistical information and also to identify criteria of environment expenditures efficiency.

Б. В. Курзо, О. М. Гайдукевич, И. В. Кляуззе, И. А. Кирильчик

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ И РАЗРАБОТКА КАРТЫ САПРОПЕЛЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕЛАРУСИ

Изложены методологические приемы создания электронных баз данных по ресурсам сапропеля и разработки карты сапропелевых месторождений республики. В качестве исходных данных используются результаты поисково-оценочных и детальных работ на сапропель в 670 озерах и фондовые материалы по оценке запасов сапропелевого сырья в 487 выбывших из эксплуатации торфяных болотах. Учет ресурсов сапропеля под торфом существенно расширяет площадь, обеспеченную запасами сапропеля, особенно в Минской, Могилевской и Гомельской областях. В разработанную базу данных (электронный кадастр) внесена карта всех изученных сапропелевых месторождений Беларуси масштаба 1:500 000, позволяющая выделять районы с однородными условиями озерного осадконакопления и перспективные для добычи сапропеля объекты.

Современный уровень знаний о сапропеле, изменчивость вещественного состава сапропелевого сырья и горно-геологических условий залегания требуют дифференцированного подхода к выбору месторождений, перспективных для добычи этого ценного местного вида полезных ископаемых [1, 2]. Комплексная оценка состояния ресурсов сапропеля в Республике Беларусь предполагает выявление и анализ всех имеющихся месторождений в озерах и под торфяной залежью. Институт природопользования НАН Беларуси выполняет оценку ресурсов сапропеля с 1976 г. [3]. Результаты исследований отражены в «Кадастрах сапропелевых отложений озер Белорусской ССР» [4–6], которые содержат необходимые для выбора перспективных объектов сведения. В последнее время особое внимание уделялось ресурсам сапропеля, залегающего под торфяной залежью [7]. Выполнен сбор сведений, систематизация и картирование всех месторождений сапропеля в озерах и распространенного под торфом, что позволяет решать задачи научного и прикладного характера.

Создание карты и кадастра всех месторождений сапропеля является актуальной и своевременной задачей, так как полученные материалы позволяют определять темпы заиливания озер в отдельных регионах, закономерности пространственного распределения сапропелевых месторождений на территории республики и на этой основе рационально использовать их в народном хозяйстве.

На первом этапе были сформулированы основные требования к картографической основе для создания карты сапропелевых месторождений:

- информативность и возможность нанесения всех месторождений в озерах и под торфом в наиболее озерных районах;
- представительность дополнительной информации и отражение населенных пунктов, до-

рог, границ административных районов и областей республики;

- возможность показа районов осадконакопления в виде заливки разным цветом, поэтому фон картографической основы должен быть черно-белым.

В качестве картографической основы выбрана карта Республики Беларусь с административным делением масштаба 1:500 000, размером 1 295×1120 мм. Данная картографическая основа разделена на 24 фрагмента. Каждый фрагмент карты имеет размер 280×185 мм, т.е. приблизительно соответствует странице формата А4, что удобно для сканирования изображения с разрешением 300 пикселей на дюйм. После сканирования фрагментов карты с припусками и оптимизации сканированных изображений в программе редактирования растровых изображений AdobePhotoshop 5 они сохранены в формате PSD. Выбор данного формата файла обусловлен возможностью работы в программе AdobePhotoshop 5 с многослойными изображениями. Первый фоновый слой представлен сканированными фрагментами карты Беларуси. На втором слое в виде разработанных ранее условных знаков [8] размещены все месторождения сапропеля обрабатываемого региона республики. Третий слой – залитые цветом районы озерного осадконакопления, соответствующие вещественно-генетическим типам распространенных сапропелей.

Согласно разработанной ранее классификации [8], все месторождения охарактеризованы по основным индикаторным показателям и систематизированы по классам, подклассам, группам и видам. На подготовленную картографическую основу в виде разработанных ранее условных знаков различных форм, размеров и цвета нанесены 670 месторождений озерного сапропеля площадью более 1 га и 487 месторождений сапропеля, залегающего под торфом. Отдельными знаками показаны неисследованные озера

с прогнозными ресурсами сапропеля.

Карта сапропелевых месторождений связана с разработанной электронной базой данных и программами для поиска и обработки информации по ресурсам сапропеля отдельного региона и всего массива данных. Основой базы данных служил разработанный ранее «Электронный кадастр сапропелевых месторождений озер Беларуси» [9, 10], который содержит сведения о расположении озер, краткую характеристику озера (глубины воды, площадь озера и сапропеля), характеристику вещественного состава сапропелевой залежи, объемы и запасы сапропеля в озере.

В созданные комплексные базы данных по ресурсам сапропеля в озерах и под торфом в виде таблиц Access включены следующие сведения о месторождении озерного сапропеля:

номер по кадастру;

название озера;

административный район и область расположения;

привязка к ближайшему районному центру, сельсовету и населенным пунктам;

максимальная и средняя глубина воды, площадь озера и сапропелевой залежи;

максимальная и средняя мощность сапропеля;

объем и запасы сапропеля.

Сведения сгруппированы в виде общего запроса-окна Access, представленного на рис. 1, а.

Данные о месторождениях сапропеля, залегающего под торфом, сформированы в формате таблиц Access в следующем виде:

номер по кадастру;

название торфяного месторождения (т.м.) и торфяного участка (т.уч.) с сапропелем;

административный район и область расположения;

привязка к ближайшему районному центру и населенным пунктам;

площадь т.м. или т.уч. и площадь, занимаемая залежью сапропеля;

максимальная и средняя мощность сапропеля;

объем и запасы сапропеля;

пределы и средние значения качественных характеристик сапропеля.

Для удобства работы с каждым месторождением сапропеля под торфом создана форма Access в виде окна (рис. 1, б).

Для обобщения особенностей пространственного распределения в созданную базу данных внесена карта сапропелевых месторождений в озерах и под торфом. Пользование базой данных осуществляется по схеме, представленной на

рис. 2. Вход в базу осуществляется через электронный фрагмент карты сапропелевых месторождений, на котором нанесены интересующие объекты или район их размещения. Выбор интересующего месторождения производится путем совмещения маркера манипулятора мыши с условным знаком месторождения на карте и нажатия клавиши манипулятора. Сведения о месторождении после его выбора представляются на экране-форме. Все экран-формы содержат выполненную по стандарту WINDOWS кнопку закрытия окна.

Существует возможность выполнять систематизацию и сортировку месторождений сапропеля, статистическую обработку и анализ данных по спискам интересующих объектов, а также создавать отчеты по имеющимся количественным характеристикам в пределах административных областей и районов. Используя стандартное меню и панель инструментов можно менять запросы, формировать необходимые статистические отчеты, выполнять вывод на печать и экспорт информации, дополнять и корректировать базы данных и др.

Дополнение электронных баз данных разведанных озерных месторождений информацией о качественных характеристиках, стратиграфии и запасах сапропеля на торфяных месторождениях позволило существенно расширить сведения о пространственном размещении ресурсов. Об этом свидетельствует сопоставление территории, обеспеченной запасами сапропеля в радиусе до 10 км от имеющихся месторождений. Как видно на рис. 3, хорошей обеспеченностью запасами сапропеля в озерах отличается только Витебская область. На территории остальных областей районы со значительными промышленными запасами его встречаются ограниченными участками. Учет всех разведанных сапропелевых месторождений в озерах и под торфом значительно расширяет площадь покрытия республики участками, где возможна организация промышленной заготовки сапропелевого сырья (рис. 4).

Данные таблицы свидетельствуют, что территории, обеспеченные извлекаемыми запасами озерного сапропеля в республике составляют немногим более 32 %. Низкие показатели этого параметра характерны для Гомельской и Могилевской областей (19 и 22 % соответственно). Учет ресурсов сапропеля, сосредоточенных на выбывших из эксплуатации торфяных участках, позволяет расширить потенциально перспективные площади с извлекаемыми ресурсами в целом по республике до 57 %. Как видно из данных табл., заметное увеличение территории, обеспеченной запасами сапропеля, характерно для Минской, Могилевской и Гомельской областей.

а

Microsoft Access - [Запрос хар-ки всех озер]

Наименование: 1883, Название: Прибыловичское

Ориентир 1: пл.т. Лельчицы ЮЗ-ЗС, Площадь озера, га: 72

Ориентир 2: д. Прибыловичи В-ЮЗ, Вода макс. м: 0

Ориентир 3: , Вода средн. м: 0

Самородки: Категория пород: СЗ, Район осадконакопления: ольховатый

Год размещения: 1976

Площадь, осадочный, га: 64, Тип О, тыс. м: 0

Самородки макс. м: 2.6, Тип КР, тыс. м: 0

Самородки средн. м: 1.2, Тип КБ, тыс. м: 286

Объем, тыс. м: 260, Тип ЛМ, тыс. м: 400

Залежи, тыс. т: 322.6, Кипы:

Запись: 1 из 1 (Формат)

Режим формы:

Пуск, C:\Mo, Отч, db2, Фор, Бела, Карт, Зап, 1426

б

Microsoft Access - [Гл. данные самр под торфом]

Наименование: 2436, Название: ВЕЛИКИЙ ЛЕС

Ориентир: с. Кобрино ЮВ-ЮЗ, Район осадконакопления: ольховатый и юж. холм. м. Кирова (Прохоровский)

Площадь, тыс. га: 40.62, Степень разложения:

Площадь, тыс. га: 75, Содержание органического вещества, %:

Самородки: Категория пород: СЗ, Район осадконакопления: ольховатый

Площадь, осадочный, га: 38.5, Тип О, тыс. м: 0

Мощность осадочного макс. м: 2.4, Тип КР, тыс. м: 0

Мощность осадочного средн. м: 1.2, Тип КБ, тыс. м: 286

Объем, (млн м): 1102, Тип ЛМ, тыс. м: 400

Залежи, тыс. т: 300, Кипы:

Запись: 1 из 1 (Формат)

Режим формы:

Пуск, C:\Mo, Отч, db2, Фор, Бела, Карт, 1426

Рис. 1. Окно формы запроса по характеристикам озерного месторождения сапропеля (а) и месторождения сапропеля, залегающего под торфом (б)

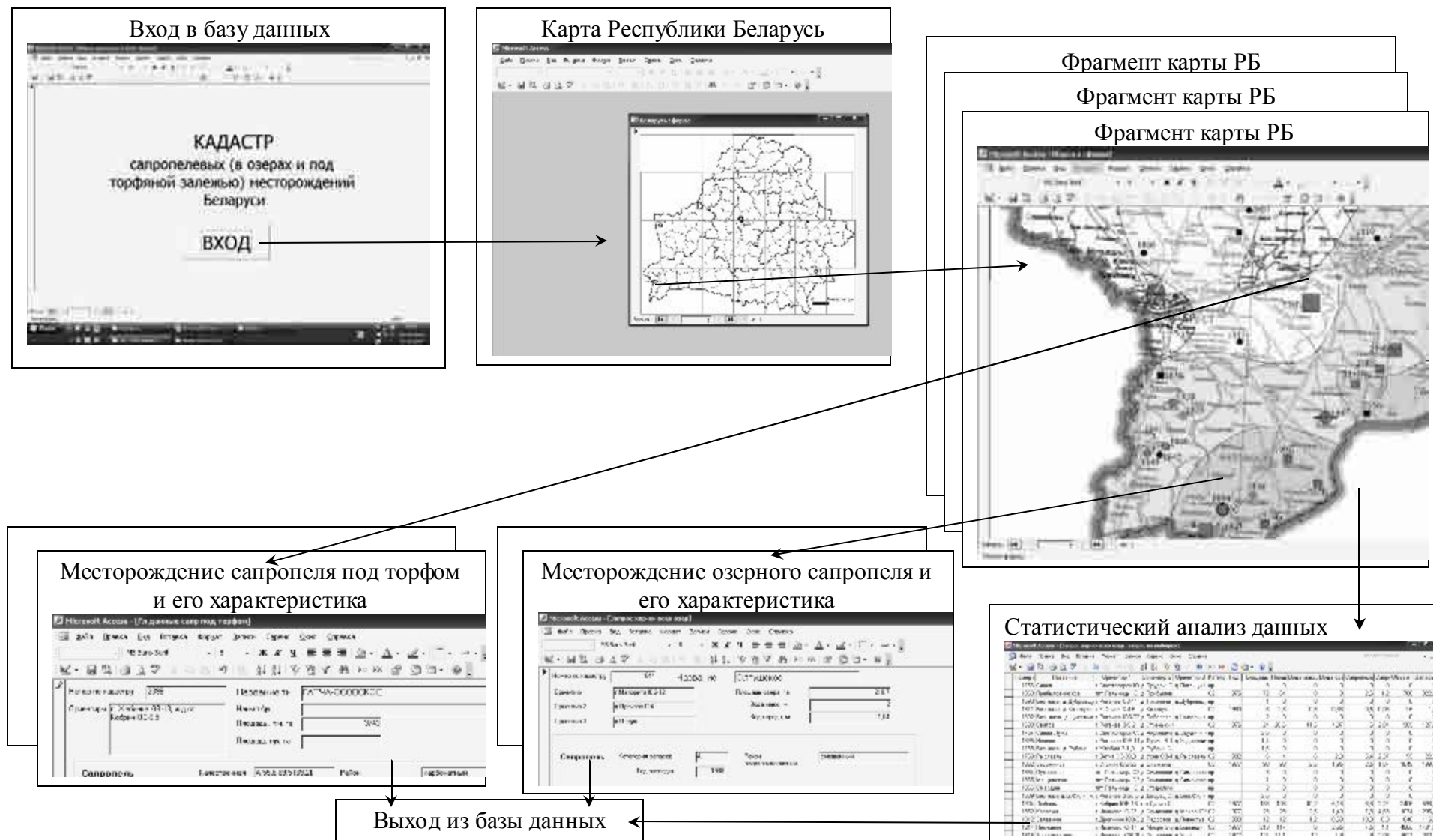


Рис. 2. Схема пользования электронным кадастром сапропелевых месторождений Беларуси



Рис. 3. Территории с запасами озерного сапропеля



Рис. 4. Территории с запасами сапропеля в озерах и на торфяных месторождениях

Таблица. Сопоставление площади территории административных областей, обеспеченных запасами озерного сапропеля и суммарными запасами сапропеля в озерах и на выбывших из эксплуатации торфяных месторождениях

Область	Площадь, тыс.км ²	Озерный сапропель		Озерный и сапропель под торфом	
		Обеспеченная запасами сапропеля площадь, тыс. км ²	Процент от площади области	Обеспеченная запасами сапропеля площадь, тыс. км ²	Процент от площади области
Витебская	40,1	26,4	66	30,9	77
Гродненская	25,0	6,1	25	12,0	48
Минская	40,8	9,2	23	21,6	53
Могилевская	29,0	6,4	22	14,6	50
Брестская	32,3	11,6	36	16,8	52
Гомельская	40,4	7,5	19	22,5	56
Всего	207,6	67,2	32,4	118,4	57

Таким образом, разработанная в виде электронного кадастра база данных, содержащая сведения обо всех месторождениях сапропеля республики, позволяет с разной степенью подробности характеризовать изученные запасы сырья. Электронный кадастр предназначен для сбора, систематизации, обработки и управления информацией по сапропелевым отложениям Беларуси, получения оперативной справочной информации по их качественным и количественным характеристикам, классификации и направлениям использования, что является дополнением выполненным прежде обобщений по ресурсам сапропеля [3–6, 11]. Созданная на основе разработанной ранее классификации сапропелевых

месторождений карта ресурсов сапропеля Беларуси масштаба 1:500 000 выявляет их пространственное распределение, характеризует по объему залежи, условиям среды формирования, источникам осадочного материала, отражая, таким образом, генетические признаки месторождений и возможности их промышленного освоения, что важно в прикладном плане. Полученные материалы являются основой для последующего районирования месторождений сапропеля по генезису и составу отложений, а также выявления залежей, перспективных для разработки и использования в различных отраслях хозяйства, что является одной из целей реализуемой Государственной программы «Торф».

Л и т е р а т у р а

1. Курзо Б. В. Закономерности формирования и проблемы использования сапропеля. Минск, 2005.
2. Курзо Б. В., Гайдукевич О. М., Кляуззе И. В. Исследование закономерностей пространственного распределения вещественного состава сапропеля для выбора технологий добычи и направлений использования // Природопользование. Минск, 2007. Вып. 13. С. 190–198.
3. Курзо Б. В., Богданов С. В. Генезис и ресурсы сапропелей Белоруссии. Минск, 1986.
4. Кадастр сапропелевых отложений озер Белорусской ССР // М. З. Лопотко, Г. А. Евдокимова, О. М. Букач, А. Г. Дубовец и др. / Под ред. И. И. Лиштвана. Минск, 1981. Т. 1–6.
5. Кадастр сапропелевых отложений озер Белорусской ССР, изученных в 1981–1985 гг. / М. З. Лопотко, Г. А. Евдокимова, Б. В. Курзо, О. М. Букач и др. Минск, 1987.
6. Кадастр сапропелевых отложений озер Белорусской ССР, изученных в 1986–1990 гг. / М. З. Лопотко, Б. В. Курзо, Г. А. Евдокимова, О. М. Гордобудская и др. Минск, 1991.
7. Курзо Б. В., Пекач Л. П., Чубарева О. П. Вещественный состав и ресурсы сапропеля на торфяных месторождениях Беларуси // Природопользование. Минск, 2001. Вып. 7. С. 97–102.
8. Курзо Б. В. Принципы и критерии классификации месторождений сапропеля // Природопользование. Минск, 2009. Вып. 15. С. 250–259.
9. Курзо Б. В., Гайдукевич О. М., Гордобудская О. М. Кадастр и информационная система по сапропелевым ресурсам озер Беларуси // Геодезия, картография и кадастры: Тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Новополоцк, 2000. С. 91.
10. Курзо Б. В., Гайдукевич О. М., Валентейчик В. В. Применение информационных технологий при оценке ресурсов сапропеля // Природопользование. Минск, 2000. Вып. 6. С. 66–72.
11. Курзо Б. В. Сапропель // Полезные ископаемые Беларуси. Минск, 2002. С. 305–316.

Институт природопользования НАН Беларуси

Б. В. Курзо, О. М. Гайдукевич, И. В. Кляуззе, И. А. Кирильчик

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ И РАЗРАБОТКА КАРТЫ САПРОПЕЛЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕЛАРУСИ

Приводится система принципов и способов создания базы данных по запасам сапропеля, ориентированная на решение проблем освоения ресурсов данного вида полезных ископаемых. Используются результаты геологоразведочных работ на сапропель в 670 озерах и 487 выбывших из эксплуатации торфяных болот. База по ресурсам сапропеля содержит данные о расположении месторождений, морфометрических характеристиках озер и торфяных болот, глубине воды, мощности сапропеля, характеристиках его вещественного состава, объемах, запасах и классах сапропелевого сырья.

Для анализа особенностей пространственного распределения в созданную базу данных внесена карта сапропелевых месторождений в озерах и под торфом масштаба 1:500000. Вход в базу данных осуществляется через электронный фрагмент карты сапропелевых месторождений, на котором нанесены интересные объекты или район их размещения. Сведения о месторождении

после его выбора представляются на экране-форме.

Разработанная база данных может дополняться и корректироваться, позволяет проводить систематизацию и сортировку месторождений сапропеля, статистическую обработку и анализ данных по спискам интересующих объектов, а также создавать отчеты по имеющимся количественным характеристикам в пределах административных областей и районов.

Полученная информация используется для составления схемы размещения первоочередных участков по добыче сапропеля в рамках Государственной программы «Торф», выбора перспективных баз сапропелевого сырья, разработки рекомендаций по использованию сапропеля в сельском хозяйстве и бальнеологии, проведения районирования территории по условиям осадконакопления.

B. V. Kurzo, O. M. Gaidukevich, I. V. Kljauzze, I. A. Kirilchik

**DATABASE FORMATION AND WORKING OUT
OF SAPROPEL DEPOSITS MAPS OF BELARUS**

The system of principles and ways of database creation on sapropel stocks, focused on the decision of problems of development of resources of the given kind of minerals is given. Results of prospecting jobs on sapropel in 670 lakes and cutout 487 peat bogs are used. The database on sapropel resources contains data about arrangement of deposits, morphometrical characteristics of lakes and peat bogs, depths of water, capacity of sapropel, characteristics of its material structure, volumes, stocks and classes of sapropelic raw materials.

For the analysis of features of spatial distribution the map of sapropelic deposits is integrated into the created database in lakes and under of peat 1:500000 scale. Access to database is carried out through an electronic fragment of a map of sapropelic deposits on which interesting objects or area of their placing are put. Data on a deposit, after its choice, are presented on the screen-form.

The developed database can be supplemented and corrected, it allows to make ordering and sorting of sapropel deposits, statistical processing and the analysis of data under lists of interesting objects, and also to create reports under available quantitative characteristics within administrative areas and regions.

The received information is used for drawing up of the scheme of placing of prime sites on extraction of sapropel within the limits of the Government program «Peat», a choice of perspective bases of sapropelic raw materials, working out recommendations about sapropel use in agriculture and balneology, carrying out division into districts of territory on sediment accumulation conditions.

УДК 553.98/33.001.336.7(476)

Я. И. Аношко, А. В. Унукович, А. Н. Скрипко**СТОИМОСТНАЯ ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГИПСА «БРИНЕВСКОЕ»**

Проведена стоимостная оценка месторождения гипса «Бриневское». Определена экономическая значимость его запасов на основе геологических, горно-геологических, технологических и экологических данных. Стоимостная оценка запасов гипса осуществлена по расчетным данным и данным, изложенным в технико-экономическом обосновании постоянных кондиций. Показано, что вложение инвестиций в освоение месторождения окупится в течение 5–8 лет, подготовленная сырьевая база составит 1 млн т гипса в год.

Устойчивое социально-экономическое развитие страны, ее экономическая безопасность во многом определяются наличием минерально-сырьевых ресурсов, их рациональным и комплексным использованием. Государственную важность приобретает задача максимально возможного замещения импортируемого минерального сырья. Разработка долгосрочной стратегии использования минерально-сырьевой базы и обоснования концентрации работ и средств на наиболее перспективных и экономически привлекательных для промышленной разработки месторождениях полезных ископаемых предполагает проведение стоимостного анализа отдельных месторождений и оценку экономической эффективности их разработки. В данном случае эти вопросы рассматриваются применительно к такому виду минерального сырья, как гипс.

Республика Беларусь является крупнейшим импортером гипса в Европе, что, в основном, связано с высоким уровнем развития в стране цементной промышленности. Цементная отрасль мира потребляет около половины добываемого гипса. Гипс вводится в цемент как обязательная добавка в количестве около 3,5 % для регулирования процесса твердения цементного теста. Второе направление использования гипса – производство гипсовых вяжущих для изготовления гипсокартонных и гипсовых плит; высокопрочных гипсовых изделий; формовочных смесей, которые используются для производства сухих строительных смесей, гипсовых побелок, в медицине и т. д.

Гипс является широко востребованным строительным материалом. Гипсовые изделия, используемые в строительстве, отвечают самым высоким санитарно-гигиеническим требованиям. Кроме того, они обладают небольшой плотностью, высокими теплоизоляционными свойствами, огнестойкостью. На производство гипсовых строительных изделий затрачивается в 3–4 раза меньше топливно-энергетических ресурсов и почти в 2 раза меньше капитальных вложений на единицу продукции по сравнению с производством тяжелых бетонов или полнотелого кирпича. Использование гипсовых изделий в оптимальных количествах позволяет значительно снизить

стоимость промышленного и гражданского строительства.

Гипсо-ангидритовые породы представлены двумя минералами – гипсом и ангидритом. Гипс – водный сернокислый кальций ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), а ангидрит – безводный (CaSO_4). Промышленно используется в основном гипс, а ангидрит – в очень незначительных количествах.

Гипсо-ангидритовые породы широко распространены в мире, в том числе и в Беларуси. В природе они образуются совместно с доломитами и каменной солью, а такие породы, как известно, часто встречаются в недрах нашей республики. В промышленных масштабах гипс и ангидрит выявлены на западе Припятского прогиба в краевых фациях эвапоритовой формации верхнего девона [4].

В настоящее время в Беларуси известно и разведано одно месторождение гипса – «Бриневское». В других регионах страны, где распространены гипсо-ангидритовые породы, месторождений не выявлено, не оценены и их ресурсы. Это связано, прежде всего, с недостаточным вниманием к данным ископаемым и к их экономической значимости для промышленности строительных материалов.

В развитых и некоторых развивающихся странах, где имеются гипсовые карьеры и рудники или хорошо налажен импорт гипса из ближайших стран, его потребление в среднем составляет 400–600 тыс. т в расчете на 10 млн жителей. В ближайшей перспективе потребление гипса и в Беларуси может вырасти до таких показателей.

Месторождение гипса «Бриневское» расположено в Петриковском районе Гомельской области вблизи д. Бринев к северу и северо-западу от железнодорожной станции Бринев. Гипсоносные отложения залегают на глубинах 155,2–460,3 м. Их мощность колеблется от 67 до 253 м. Гипсы тяготеют к центральной части месторождения, к западу они выклиниваются, к северу сменяются ангидритами, на юге по разлому переходят в отложения галитовой толщи. Основную промышленную ценность представляет третий (из 4-х) горизонт гипсоносной толщи, он вы-

держан по простиранию, имеет наибольшую мощность гипсовых слоев (до 23,0 м) [3].

Пространственно Бриневское месторождение гипса граничит с одноименным бурогоугольным месторождением неогенового возраста. На глубине 40–83 м расположено месторождение бурого угля с балансовыми запасами по категории С₁ около 30 млн т.

Месторождение гипса «Бриневское» выявлено в 1960-х гг., в 1979–1980 гг. проведены поисково-оценочные работы. В 1986 г. для данного месторождения составлено технико-экономическое соображение (ТЭС) о целесообразности проведения на нем предварительной разведки. В качестве основного варианта годовая производительность рудника была принята 2 млн т. Расчеты выполнены также на вариант годовой производительности рудника в 1 млн т. Общие капиталовложения на строительство рудника и создание всей инфраструктуры определялись в объеме 77 млн долл. США, а себестоимость добычи и первичной переработки 1 т гипсового камня (включая затраты на отгрузку) была рассчитана на уровне 5,87 долл. США. Предварительная разведка начата в 1996 г.

В 2004 г. ОАО «Белгорхимпром» по данным предварительной разведки составлен технико-экономический доклад (ТЭД) о промышленном освоении месторождения гипса «Бриневское». Расчеты выполнены по двум вариантам производительности рудника. В настоящем примере приводятся показатели по варианту годовой производительности рудника 0,5 млн т.

Под стоимостной оценкой месторождения гипса «Бриневское» авторами понимается определение экономической значимости его запасов для решения задач государственного регулирования отношений, связанных с геологическим и экономическим изучением, а также с разработкой, обеспечивающей рациональное использование запасов гипса в составе сырьевого потенциала страны в целом [1].

Для стоимостной оценки месторождений, кроме геологических, горно-геологических, технологических и экологических данных, основными также являются:

- годовая производительность горного предприятия;
- общие капиталовложения (инвестиции) в строительство горного предприятия;
- годовые эксплуатационные затраты и себестоимость единицы товарного продукта;
- отпускная цена единицы товарного продукта.

Годовая производительность горного предприятия определяется, исходя из количества запасов и общего анализа потребностей в минеральном сырье.

Капиталовложения и себестоимость единицы конечного товарного минерального сырья

определены расчетным путем. В данном случае для определения общих капиталовложений и себестоимости конечного минерального сырья использовался также метод аналогий.

Отпускная цена товарного продукта определена путем анализа местного и общего рынка данного вида сырья. Остальные экономические величины, необходимые для стоимостной оценки месторождения гипса, определены прямым расчетным методом.

Исследование мирового рынка показало, что месторождения гипса имеются практически в каждой второй стране в мире, а разрабатываются только те, которые находятся в экономически выгодных геолого-промышленных условиях, – в каждой третьей стране.

В Германии, Франции, Англии, Испании, Италии, Португалии, например, имеется своя надежная сырьевая база гипса и хорошо развиты добывающие и перерабатывающие его отрасли. Годовая добыча и потребление гипса в каждой из этих стран составляет в среднем 400–600 тыс. т на каждые 10 млн жителей, или от 3 до 5 млн т в стране. Англия, Германия, Испания и Франция экспортируют гипс и гипсовые изделия во многие страны Европы. Португалия имеет свою сырьевую гипсовую базу и добывает в год около 200 тыс. т гипса на одном из месторождений. Исходя из анализа минерально-сырьевой базы Восточно-Европейского региона и рынка Скандинавии, гипсовый камень месторождения «Бриневское» может экспортироваться в следующие страны: Польша, Литва и Латвия, Калининградская область России, Швеция.

Однако экспорт белорусского гипсового сырья в другие страны будет затруднен в связи с тем, что мощными конкурентами являются гипсовые сырьевые базы России, Украины и Молдовы. Так, Новомосковский гипсовый комбинат на базе месторождений гипса в Тульской и Калужской областях производит дешевый гипсовый камень в количестве свыше 1,5 млн т в год, обеспечивает им всю Центральную часть России и экспортирует в другие страны, включая в настоящее время и Беларусь. Украина и Молдова также располагают мощной гипсовой сырьевой базой, гипс у них залегает в выгодных геологических и экономических условиях. Эти страны являются крупными экспортерами гипсового камня и могут обеспечить им все соседние страны.

Максимально возможный экспорт гипсового камня месторождения «Бриневское» в Литву, Латвию и Калининградскую область Российской Федерации, а также в Польшу, может составить 150–200 тыс. т в год.

Отпускная цена 1 т гипсового камня на карьерах и рудниках России, Украины и Молдовы в настоящее время составляет около 10–15 долларов США, а с места поставки на территории Беларуси – около 14–18 долл. США. Современ-

ная цена 1 т гипсового камня навалом в портах Западной Европы составляет не менее 20 долл. США за 1 т.

Месторождение гипса «Бриневское» является уникальным по величине запасов и мощности пластов, можно ожидать, что добываемый гипс по качеству будет аналогичен сырью месторождений Украины и Молдовы и превосходить сырье, на котором работает Новомосковский гипсовый комбинат. В этом случае потребители белорусского гипса быстро отдадут ему предпочтение.

На сегодняшний день месторождение гипса «Бриневское» разведано предварительно, запасы на нем оценены по категориям C_1 и C_2 . Геологических данных, полученных в результате выполненных геолого-поисковых и разведочных работ, вполне достаточно для проведения его стоимостной оценки.

Считаем, что разработку месторождения гипса «Бриневское» необходимо начать с Восточного участка из-за меньшей глубины залегания промышленных пластов гипса и большей их выдержанности. Кроме того, необходимо учесть возможность в будущем комплексной добычи из одной шахты гипса и бурого угля.

Реальная потребность предприятий Беларуси в гипсе в настоящее время составляет 230–250 тыс. т в год. В связи с расширением производства цемента и гипсовых строительных изделий в ближайшей перспективе она может возрасти. Ожидается, что уже в 2011 г. потребность предприятий Беларуси составит 600 тыс. т, в 2015 г. – около 1 млн т. А в перспективе на ближайшие 10 лет, в основном, в связи с увеличением производства гипсовых строительных изделий, потребность в гипсе может увеличиться еще более значительно.

Экспортные поставки белорусского гипса при условии его высокого качества (при содержании $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ не менее 90%) через 5–6 лет с начала разработки месторождения могут составить 100–150 тыс. т и возрасти также до 400–500 тыс. т в год.

Реальная начальная годовая производительность рудника оценивается в 450–500 тыс. т, максимально возможная производительность рудника при самых благоприятных обстоятельствах – 1 млн т, в дальнейшем и более. Таким образом, годовая производительность рудника в нашем примере принимается в объеме 500 тыс. т гипса. Эти реальные показатели приняты с целью недопущения в расчетах необоснованного увеличения размеров капиталовложений (инвестиций).

Капитальные затраты на освоение месторождения гипса «Бриневское», как представляется, требуют инвестиционных вложений на осуществление политики расширенного воспроизводства, направленного на создание современной сырьевой базы промышленности с целью

извлечения социальных и экономических выгод в будущем. Такие инвестиции необходимы для нормального функционирования предприятий, использующих местное минеральное сырье, обеспечения их стабильного финансового состояния и максимизации прибыли, так как снижают расходы, связанные с импортом дорогостоящего минерального сырья.

Предусматриваются следующие площади отчуждения земель под производственные и жилищно-бытовые здания, сооружения, подъездные пути и коммуникации:

- промышленная площадка рудника с производственными зданиями, котельной и административно-бытовым корпусом – 16 га;
- автомобильные дороги IV категории общей протяженностью 4 км – 5 га;
- подъездная железнодорожная ветка протяженностью 11 км (с учетом внутрирудниковой площадки) – 13 га;
- линия электропередач – 1 га;
- жилищный поселок с централизованным водообеспечением – 15 га.

Общая площадь отчуждаемых земель составит около 50 га, из них около 25 га – пахотные земли, остальные 25 га – земли, неиспользуемые в сельском хозяйстве.

В связи с введением новых повышенных нормативов возмещения потерь сельскохозяйственного и лесохозяйственного производства при отводе земель, особенно пахотных, под строительство, под промышленную площадку рудника и подъездные дороги к нему предусматривается отвод малопродуктивных заболоченных участков. При строительстве рудника на поверхность будет поднято не менее 15 тыс. м^3 пустых пород, которые будут использованы для отсыпки промышленной площадки рудника, а также при строительстве отстойников.

К горным выработкам и сооружениям, которые выполняются за счет средств капитального строительства, относятся:

- два шахтных ствола глубиной по 260 м и диаметром в свету по 5 м;
- подводящие транспортные и вентиляционные выработки (штреки) к шахтным стволам;
- загрузочная станция;
- подземная электроподстанция и др.

Разработка полезного ископаемого будет вестись буровзрывным и механизированным способом, горнопроходческими комбайнами. Система разработки – камерная. Камеры длиной 250 м, шириной – до 22, высотой – до 22 м, при проходке комбайнами – высотой максимум 6 м.

Вывоз гипсового камня с рудника от станции Копцевичи проектируется железнодорожным транспортом, для чего будет построена железнодорожная ветка протяженностью 11 км.

Узел погрузки производительностью 120 т/ч с 2 железнодорожными путями длиной по 200 м и

железнодорожными весами необходимо построить на промышленной площадке рудника. Собственное локомотивное хозяйство на руднике не планируется. Сортировка и составление поездов должны проводиться на станции примыкания.

Предусматривается также строительство автомобильных дорог IV категории с твердым покрытием общей длиной 4 км и реконструкция автодороги Бринев – Копцевичи протяженностью 9 км.

Планируется круглогодовой режим работы с 6-дневной рабочей неделей. Число рабочих дней в году – 295, в 2 смены, продолжительность смены на подземных работах – 7 ч, на поверхности – 8 ч. Общий штат предприятия – 160 человек, в том числе ИТР – 28, рабочих – 122, обслуживающего персонала – 10 человек.

Технология переработки добываемого гипсового камня довольно простая. Для цементной промышленности рекомендуется отгружать фракцию 60 мм, иногда можно отгружать всю добываемую горную массу без разделения по фракциям; для гипсовых заводов (ОАО «Белгипс», ОАО «Забудова» и др.) по техническим требованиям разрешается отгружать только фракцию 60–300 мм. Поэтому технология переработки гипсового камня на руднике заключается, в основном, в разделении его на фракции 0–60 мм и 60–300 мм; выделении и дроблении фракции более 300 мм.

Для выполнения данных операций перед железнодорожным узлом отгрузки будет сооружен грохотальный узел. Грохотальный узел состоит из колосниковой наклонной решетки с зазорами между пластинами 300 мм, грохота с ячейками решетки 60х60 мм, системы транспортеров.

По мнению технологов цементных заводов, большое содержание пылевидных частиц в гипсовом камне является нежелательным, так как снижает его качество. Этот вопрос требует специального изучения.

Как следует из анализа результатов геологических исследований, содержание гипса в гипсо-ангидритовых породах месторождения изменяется от 23 до 95 % и, чаще всего, составляет менее 70 %. При отработке продуктивных пластов уступами высотой до 3–6 м полезное ископаемое на протяжении многих рабочих смен может идти с добычного забоя с содержанием гипса от 23 до 60–70 % и содержанием ангидрита от 14 до 70 %. Для цементной промышленности допускается снижение содержания гипса до 30 % при совместном содержании гипса и ангидрита не менее 80 %.

При производстве цемента особенно вредны примеси глины в гипсе. Для цементного производства в гипсо-ангидритовом камне допустимы примеси галита, сильвина, доломита, кальци-

та, а примеси глины в количестве более 2–3 % крайне нежелательны.

Гипсовые и гипсо-ангидритовые слои на Бриневском месторождении имеют однородную, массивную, зернистую структуру, неслоисты. В них отсутствуют слойки и микрослойки других пород. Внутри гипсоносной толщи месторождения слои гипса и гипсо-ангидрита залегают, в основном, среди слоев известняка и мергелей. Слои песчаников и глин встречаются редко. Слои каменной и других солей отсутствуют. Подобная литология гипсоносной толщи месторождения «Бриневское» позволяет предположить, что основной примесью в гипсовом и гипсо-ангидритовом камне будет кальцит, который к вредным примесям не относится.

При производстве гипсовых вяжущих поведение ангидрита, присутствующего в гипсовом камне в количестве 3–10 %, не совсем ясно и требует специального изучения. Но в любом случае при подсчете запасов необходимо выделить подблоки полезного ископаемого с содержанием гипса и ангидрита не менее 90 % (при содержании гипса не менее 30 %) и произвести отдельный подсчет запасов данного технологического типа сырья.

Республиканской комиссией по запасам по результатам работ ОАО «Белгорхимпром» («Технико-экономический доклад о промышленном значении Бриневского месторождения гипса», 2004 г.) утверждены следующие кондиции:

- качество продукции должно удовлетворять требованиям ГОСТ 4013-82 и ГОСТ 125-79;
- оконтуривание и подсчет запасов сырья в геологических подсчетных блоках производить отдельно для пород гипса и гипсо-ангидрита;
- минимальное содержание гипса и ангидрита в подсчетном блоке – 80 %, а по отдельным пунктам опробования – 73 %;
- минимальная мощность пласта гипса (гипсо-ангидрита) – 2,3 м. При меньшей мощности оконтуривание залежи производить по минимальной величине метропроцента 168;
- максимальная мощность некондиционных пород, включенных в подсчет запасов, не должна превышать 0,35 м;
- минимальное расстояние контура подсчета запасов до тектонического нарушения – 150 м.

В результате детального анализа особенностей геологического строения месторождения гипса «Бриневское», качества полезного ископаемого, его изменчивости и технологических свойств рекомендуется выделить 4 технологических типа полезного ископаемого со следующими параметрами качества: цементный высококачественный; высококачественное сырье гипсовых вяжущих; сырье обычного качества для гипсовых вяжущих; сырье для цемента обычного качества.

Кроме того, на стадии детальной разведки месторождения технологическими испытаниями необходимо установить влияние повышенного содержания ангидрита (более 5, 10, 20 %) на качество гипсовых вяжущих, а также возможность использования ангидритового камня при производстве цемента с низким содержанием (менее 30 и 20 %) гипса.

При определении общих капитальных вложений, кроме данных, ранее приведенных в технико-экономическом соображении (ТЭС, 1986 г.) и технико-экономическом докладе (ТЭД, 2004 г.), использовались цены, опубликованные в различных сборниках и каталогах, а также расценки белорусских строительных, электротехнических и других предприятий. Расчет стоимости зданий, сооружений, горно-капитальных работ, подъездных путей, коммуникаций, объектов энергосбережения и других сооружений произведен по опубликованным данным. Расчет стоимости машин, механизмов и оборудования – по фактическим ценам.

Горно-капитальные работы включают все работы, связанные с подготовкой площади под строительство карьера и монтаж зданий и сооружений. Стоимость этих работ определена на основании прямых расчетов и составляет 4991,0 тыс. долл. США. Стоимость строительно-монтажных работ включает стоимость строительства зданий и сооружений, связанных с освоением месторождения. Общая стоимость зданий и сооружений составляет 8849,0 тыс. долл. США. Стоимость машин, механизмов и оборудования определена на основании перечня технических средств, необходимых для обеспечения добычи минерального сырья в объемах, предусмотренных техническим проектом, и составляет 5507,0 тыс. долл. США. Прочие инвестиционные издержки, включающие расходы на содержание дирекции строящегося предприятия, обеспечение технического надзора, подготовку кадров и др., определены в размере 160 тыс. долл. США.

Расчет эксплуатационных затрат на добычу гипса осуществлен в среднем на год. Заработная плата (основная и дополнительная) рассчитана согласно действующему законодательству.

Отчисления в Фонд социальной защиты населения приняты в размере 35 % от заработной платы. Амортизация и отчисления на возмещение расходов, связанных с платежами на землю, проведением геологоразведочных и горно-капитальных работ, природоохранных мероприятий и других инвестиционных расходов, определены в размере 10 %, что связано с 10-летним сроком функционирования капиталовложений. Суммы налогов, поступающих в бюджет, определены на основании ставок и налогооблагаемой базы, установленных законодательством.

Порядок расчета показателей стоимостной оценки месторождения включает также опреде-

ление годовой стоимости товарной продукции (*NSR*), облагаемой налогом прибыли, налога на прибыль, чистого потока реальных денег (чистой прибыли) (*NCF*), чистой дисконтированной стоимости потока реальных денег, индекса рентабельности инвестиций, внутренней нормы рентабельности и срока окупаемости капиталовложений [2]. Приведены чистые потоки реальных денег, которые могут быть получены в течение 10 лет освоения месторождения, а также указаны нынешние стоимости (*PV*) этих потоков при предельной ставке освоения, равной 10 %, т. е. дисконтированные потоки реальных денег (*NPV*) при $r = 10\%$.

Следует отметить, что в приведенном примере предусмотрены разовые инвестиции, поэтому для расчета чистой дисконтированной прибыли *NPV* при 10 %-ной ставке дисконта использована формула

$$NPV = \sum_{t=1}^n NCF_t(1+r)^{-t} - I_0,$$

где I_0 – первоначальные инвестиции в освоение месторождения, которые осуществляются одновременно на момент начала освоения.

Индекс рентабельности инвестиций рассчитан по формуле

$$PI_0 = \frac{NPV}{I_0}.$$

Абсолютная величина чистой дисконтированной стоимости потока реальных денег зависит не только от количества произведенной товарной продукции, затрат на ее производство, налогов и платежей, взимаемых в бюджет, но и от предельной ставки, или ставки дисконта, которая выбирается в зависимости от риска освоения месторождения.

Точное значение нормы дисконта r , при котором *NPV* принимает нулевое значение, по определению, представляет собой внутреннюю норму прибыли (*IRR*), которая определена по формуле

$$IRR = r_1 + (r_2 - r_1) \frac{NPV_1}{NPV_1 + NPV_2}.$$

Период окупаемости капитальных вложений можно определить по оценке накопленной чистой дисконтированной стоимости потока реальных денег.

Определение стоимостной оценки запасов месторождения гипса «Бриневское» осуществлено на основе расчетных данных и данных, изложенных в технико-экономическом обосновании постоянных кондиций при условии, что гипс месторождения будет использоваться в качестве сырья в естественном виде. Результаты стоимостной оценки запасов гипса категории C_1 приведены в таблице.

**Стоимостная оценка запасов гипса месторождения «Бриневское»
при различных капитальных вложениях на его освоение (расчетные данные за 10 лет)**

Показатель	Единица измерения	Капитальные вложения, млн долл. США			
		20,3	30,0	40,0	52,1
Разведанные запасы гипса категории С ₁ , в том числе	тыс. т	108242	108242	108242	108242
гипсового камня	тыс. т	65356	65356	65356	65356
гипсоангидритового камня	тыс. т	42886	42886	42886	42886
Эксплуатационные потери	%	80	80	80	80
Извлекаемые запасы полезного ископаемого	тыс. т	21648,4	21648,4	21648,4	21648,4
Годовая добыча полезного ископаемого	тыс. т	500	500	500	500
Выпуск товарной продукции	тыс. т	500	500	500	500
Срок обеспечения запасами	лет	43,3	43,3	43,3	43,3
Цена реализации товарной продукции	долл.	27,2	27,2	27,2	27,2
Стоимость товарной продукции (NSR)	млн долл.	136,0	136,0	136,0	136,0
Производственные расходы (без амортизации, отчислений, налогов и платежей в бюджет)	млн долл.	60,61	60,61	60,61	60,61
Амортизация	млн долл.	20,3	30,0	40,0	52,1
Отчисления на возмещение затрат на рекультивацию земель, поисковые и разведочные работы, прочих инвестиционных издержек	млн долл.	6,7	6,7	6,7	6,7
Налоги и платежи, относимые на себестоимость товарной продукции	млн долл.	2,69	2,69	2,69	2,69
Балансовая прибыль	млн долл.	45,7	36,0	26,0	13,88
Налог на прибыль	млн долл.	10,97	8,64	6,24	3,33
Чистая прибыль (NCF)	млн долл.	61,73	64,06	66,46	69,37
Накопленная чистая прибыль	млн долл.	41,43	34,06	26,46	17,25
Дисконтированная чистая прибыль (NPV) при $r = 10\%$	млн долл.	37,93	39,36	40,84	42,62
Накопленная дисконтированная чистая прибыль	млн долл.	17,63	9,36	0,84	-9,49
Индекс рентабельности инвестиций (PI_0)	коэффициент	1,87	1,31	1,02	0,82
Внутренняя норма рентабельности (IRR)	%	27,95	17,03	10,56	5,66
Срок окупаемости инвестиций:	лет				
по накопленной чистой прибыли		4,3	5,7	7,0	8,5
по накопленной чистой дисконтированной прибыли		5,2	7,7	10,7	> 10

Месторождение гипса «Бриневское» значительно по своим запасам и обладает простой формой рудных тел и несложными горно-геологическими условиями добычи. В соответствии с этим нормативная величина нормы прибыли на капитальные вложения в освоение данного месторождения принимается равной 10 %. Внутренняя норма прибыли, рассчитанная для месторождения гипса «Бриневское», превышает нормативную норму прибыли, поэтому запасы месторождения гипса имеют коммерческую стоимость, поскольку обеспечивают получение рациональной нормы прибыли на вложенные инвестиции и представляют интерес для разработки при условии, что производительность рудника будет составлять не менее 500 тыс. т в год

и при указанных в расчетах объемах капитальных вложений и эксплуатационных затрат.

Выполненная стоимостная оценка запасов месторождения гипса показывает, что вложение инвестиций в его освоение окупится в течение 5–8 лет без учета расходов, связанных с импортными поставками. В этой связи требуется детальная разведка месторождения, технико-экономическое обоснование разработки его запасов, поиск зарубежных потребителей гипсовой продукции. Горно-геологические условия позволяют разрабатывать месторождение шахтным способом. На Бриневском месторождении имеется реальная возможность подготовить сырьевую базу мощностью 1 млн т гипса в год, что позволит удовлетворить не только внутренние по-

требности предприятий республики. Необходимо отметить, что вопросы по освоению месторождения гипса «Бриневское» следует рассматривать во взаимосвязи с освоением залежей фосфогипса – промышленных отходов Гомельского хими-

ческого завода, а также с возможностями поставок более дешевого гипса из-за рубежа. Для решения данной проблемы нужны соответствующие научно-технические, экономические и экологические исследования.

Л и т е р а т у р а

1. Ампилов Ю. П. Стоимостная оценка недр. М., 2003.
2. Аношко Я. И., Унукович А. В. Основы оценки стоимости месторождений полезных ископаемых Беларуси // Природные ресурсы. 2008. № 1. С.105–117.
3. Гарецкий Р. Г., Кислик В. З., Высоцкий Э. А. и др. Девонские соленосные формации Припятского прогиба. Минск, 1982.
4. Полезные ископаемые Беларуси: к 75-летию БелНИГРИ / Редкол.: П. З. Хомич и др. Минск, 2002.

Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт

Я. И. Аношко, А. В. Унукович, А. Н. Скрипко

СТОИМОСТНАЯ ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГИПСА «БРИНЕВСКОЕ»

Месторождение гипса «Бриневское» выявлено в 1960-х гг. На месторождении проведены поисково-оценочные работы, выполнена предварительная разведка, оценены запасы по категории C_1 и C_2 . На основе геологических, горно-геологических, технологических и экологических данных определена экономическая значимость запасов гипса на месторождении. Стоимостная оценка запасов осуществлена на основе расчетных данных и данных, изложенных в технико-экономическом обосновании постоянных кондиций. Для стоимостной оценки принята годовая производительность рудника в объеме 500 тыс. т гипса. Определены общие капитальные вложения, нормативная величина нормы прибыли на них принята в размере 10 %. Внутренняя норма прибыли, рассчитанная для Бриневского месторождения гипса, превышает нормативную. Сделан вывод, что запасы имеют коммерческую стоимость, вложение инвестиций в освоение месторождений окупится в течение 5–8 лет. В этой связи требуется проведение детальной разведки данного месторождения, технико-экономическое обоснование разработки его запасов, поиск зарубежных потребителей гипсовой продукции. Подготовленная сырьевая база составит 1 млн т гипса в год. Вопросы по освоению месторождения гипса «Бриневское» следует рассматривать во взаимосвязи с освоением залежей фосфогипса – отходов Гомельского химического завода, а также с возможностями поставок более дешевого гипса из-за рубежа.

Ya. I. Anoshko, A. V. Unukovich, A. N. Skripko

COST ESTIMATION OF THE PLASTER DEPOSIT «BRINEVSKOE»

The plaster deposit «Brinevskoe» was revealed in 1960th. Search-estimating works were done at the deposit, preliminary investigation has been executed, stocks on category C_1 and C_2 were estimated. On the basis of geological, mountain-geological, technological and ecological data the economic importance of stocks of plaster on a deposit has been defined. The cost estimation of stocks has been carried out on the basis of settlement data and the data stated in the feasibility report of constant standards. For a cost estimation annual production rate of mine in the scope 500 thousand tons of plaster has been accepted. The general capital investments were defined, standard size of rate of revenue to them is accepted at a rate of 10 %. The internal rate of revenue calculated for the Brinevskoe plaster deposit exceeds the standard. The conclusion has been drawn that stocks have commercial cost; allocation of investments into the development of deposits will pay back within 5–8 years. Thereupon a detailed investigation of the given deposit, the feasibility report to work out its stocks, search of foreign consumers of plaster production is required. The prepared raw-material base will make 1 million t of plaster in a year. Questions on development of a plaster deposit «Brinevskoe» should be considered in interrelation with development of phosphor-gypsum deposits – waste of the Gomel chemical plant, and also with possibilities of deliveries of cheaper plaster from abroad.

II. БИОСФЕРНОСОВМЕСТИМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 662.642.2:662.732

И. И. Лиштван, П. Л. Фалюшин, В. М. Дударчик, В. М. Крайко

КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУРЫХ УГЛЕЙ ЛЕЛЬЧИЦКОГО УГЛЕПРОЯВЛЕНИЯ

Приведены результаты определения качественных показателей бурых углей Лельчицкого углепроявления. Определены технические характеристики углей, выход гуминовых кислот и битумов, химический состав золы. Полученные данные свидетельствуют о более высокой степени метаморфизма углей (марка Б 3) по сравнению с неогеновыми углями (марка Б 1) Бриневского месторождения.

Общие запасы бурых углей Беларуси составляют около 1,5 млрд т, в том числе разведанные – около 160 млн т. Кроме известных месторождений – Житковичское, Бриневское, Тонежское – выявлено Лельчицкое углепроявление, расположенное на западном окончании Южно-Ельской синклинальной зоны. Угольные залежи приурочены к подковообразному обрамлению синклинали шириной в среднем 2 км и длиной 25 км. Подковообразный контур залежей обусловлен тем, что они находятся в осевой части компенсационной синклинали, которая сформировалась здесь в ранневизейское (готовско-бобриковское) время в связи с ростом Западно-Валавской соляной структуры, опоясывая ее с запада и юго-запада. В приосевой части этой синклинали и был расположен палеоводоем, в котором образовались угленосные отложения [1].

В разрезе бобриковского горизонта на глубинах 70–533 м содержится от 1 до 7 пластов угля мощностью от 0,5 до 10,4 м. Мощность угленосной толщи изменяется в пределах 4,6–33,6 м. Основной (нижний) угольный пласт расщепляется и замещается прослоями песков и глин. Средняя суммарная мощность пластов, по имеющимся данным, составляет 6,7 м. Угленосные отложения бобриковского горизонта достаточно круто (от 2,8 до 10,0°) погружаются в восточном направлении до глубин 500 м и более, в этом же направлении увеличивается полнота разреза нижнего карбона и появляются отложения среднего карбона. Угольные пласты часто выклиниваются и замещаются каолинистыми глинами и песками. Прогнозные ресурсы угля по категориям $P_1 + P_3$ оценены в 250 млн т, в том числе 40 млн т до глубины 200 м. Площадь – около 42 км². Пласты имеют толщину 1,2–12,2 м,

глубина залегания от 95 до 370 м. Запасы угля на участке «Северный» около 110 млн т, площадь 14 км² [1].

Бурые угли Лельчицкого углепроявления существенным образом отличаются от ранее изученных углей Житковичского или Бриневского месторождения. Однако эти угли слабо изучены. Необходимо провести поисково-оценочные работы, исследование их состава и свойств, определить качественные показатели и направления их возможного использования в энергетике для прямого сжигания или термохимической переработки с получением газообразных и жидких энергоносителей.

Цель данной работы – исследование качественных показателей бурых углей Лельчицкого углепроявления, к которым относятся данные технического анализа, химического состава органической и минеральной составляющих.

Бурые угли месторождений Беларуси относятся к разным классам по принятой классификации, включающей три группы: Б 1, Б 2 и Б 3 [2]. Угли Лельчицкого углепроявления отличаются более ранним геологическим периодом своего формирования, имеют более глубокую степень метаморфизма, приближенную к каменным углям, и по совокупности качественных показателей относятся к группе Б 3. Угли этой группы используются в основном как энергетическое сырье и коммунально-бытовое топливо.

Определение качественных характеристик бурых углей проводилось на 56 пробах, отобранных из 6 скважин с разных глубин, включающих диапазон 90–390 м северной части Лельчицкого углепроявления, охватывающий только около 15 % всей площади. Поэтому эти сведения не

могут распространяться на всю площадь углепроявления.

Данные по влажности и зольности указанных образцов проводили согласно ГОСТ 11014–2001 и ГОСТ 11022–95 соответственно.

Все исследованные образцы по влажности являются достаточно однородными и распределяются в диапазоне 10–17 % (табл. 1).

Невысокая естественная влажность не требует дополнительной подсушки материала при его использовании в энергетике и при энерготехнологической переработке с получением жидких или газообразных энергоносителей. Для сравнения, бурые угли Бриневского месторождения в среднем имеют влажность порядка 55 % [3].

Исследованные образцы бурых углей являются более однородными по составу органи-

ческого вещества. В них, по сравнению с Бриневскими углями, практически не встречаются неразложившиеся растительные остатки. Диапазон колебаний по зольности в зависимости от скважин составляет 25,8–45,0 % (табл. 1). В целом представленные образцы Лельчицких бурых углей более высокозольны, чем Бриневские. Средняя зольность по исследованным скважинам составила 30 %.

Исследование химического состава зольной части бурых углей Лельчицкого углепроявления показало, что основными компонентами являются оксиды кремния, алюминия, железа, кальция, титана, магния, марганца, калия, натрия, фосфора и серы, преобладают SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 (табл. 2).

Таблица 1. Средние показатели влажности, зольности и летучих веществ образцов бурых углей по скважинам

№ скважины	Влажность, %	Зольность, %	Выход летучих веществ, %	
			на сухое вещество	на органическое вещество
1	9,8	45,0	25,9	47,9
8	10,1	44,1	33,8	55,2
9	13,4	28,5	31,5	46,7
11	11,0	33,6	32,2	49,1
15	12,9	29,0	31,1	46,3
25	17,3	25,8	35,6	48,4

Таблица 2. Химический состав золы бурых углей Лельчицкого углепроявления

№ пробы	Содержание оксидов, %										
	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	MnO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	SO_3
1	49,29	0,97	36,03	6,89	4,18	0,14	0,04	0,20	0,14	0,12	1,29
2	49,29	0,97	36,03	6,89	4,18	0,14	0,04	0,20	0,14	0,12	1,29
3	48,26	0,71	33,14	7,59	5,70	0,21	0,05	0,33	0,18	0,36	2,09
27	58,66	0,89	24,71	8,34	1,52	1,07	0,06	2,69	0,26	0,12	0,69
29	57,25	0,74	23,76	6,98	3,04	1,39	0,10	2,44	0,29	0,12	2,74
30	56,62	0,76	23,62	9,49	1,90	1,20	0,38	2,35	0,29	0,15	1,76
31	56,94	0,78	23,46	9,67	1,90	1,17	0,39	2,44	0,29	0,14	1,58
32	39,78	0,72	36,49	1,50	12,16	1,07	0,09	0,20	0,26	0,28	5,85
33	16,70	0,67	12,36	37,00	10,26	0,89	0,07	0,25	0,39	0,13	12,05
34	14,56	0,42	12,12	36,90	6,84	0,71	0,06	0,25	0,39	0,11	10,25
35	40,30	0,73	28,10	3,54	13,30	1,18	0,09	0,33	0,36	0,26	8,83
36	52,08	0,45	13,60	16,65	6,46	0,66	0,06	0,46	0,29	0,10	5,68
48	45,09	1,14	36,68	3,55	8,74	0,34	0,06	0,06	0,26	0,71	2,67
49	47,54	1,57	34,14	5,83	6,08	0,42	0,06	0,20	0,20	0,59	2,24

Особенностью химического состава отличаются образцы № 33, № 34 скважины № 9, в которых наблюдается аномально высокое содержание оксида железа и серы. Причем соседние образцы № 32 и № 35 оксида железа содержат значительно меньше (1,50 и 3,54 % соответственно), что указывает на толщину прослоя, обогащенного железом и серой, находящегося на глубине 381,4–384 м, не превышающую 2,5 м. В

указанных пробах содержится значительно меньше оксида кремния (14,56–16,70 %), хотя остальные пробы по этому показателю составляют 40–70 %. В соседних с обогащенными железом пробах № 32 и № 35 содержится наибольшее количество из всех исследованных проб оксида кальция. Содержание оксида титана составляет около 0,8 %. По содержанию оксида марганца наибольшие показатели, превышаю-

щие средние значения почти на порядок, у проб № 30 и № 31 скважины № 9, по оксиду калия более высокие значения, составляющие порядка 2,5 %, наблюдаются у образцов № 27–31, что характерно для этих же образцов по оксиду магния (значения 1,0–1,4 %). Колебания по содержанию оксида алюминия, вероятно, коррелируют с присутствием глинистых минералов и составляет от 12 до 36 %, что значительно выше, чем в бурых углях Бриневского месторождения [3].

По методике (ГОСТ 6382–91) был определен выход летучих веществ. Образцы для исследований выбирали с учетом представительства различных скважин и глубин, а также различной зольности. Выход летучих веществ в среднем составляет 33,7 %, в пересчете на органическое вещество (горючую массу) колеблется в пределах 40–60 % со средним значением 43,8 %. Для сравнения, аналогичный показатель для бурых углей Бриневского месторождения выше и составил 55 % [3].

Сравнение качественных показателей горючей массы бурых углей различных скважин по

выходу летучих веществ выявило некоторые различия. Так, наибольший выход последних наблюдается у скважины № 8 и в среднем составляет 55,2 %. Наименьшее значение аналогичного показателя наблюдается у скважины № 25 – 48,4 %. Таким образом, различия составляют порядка 38 %, что указывает на их значимый, неслучайный характер (табл. 1).

Для более глубокой оценки качества бурого угля ряд представительных образцов был исследован на элементный состав органической части. Элементный состав определяли на C,H,N,S,O-анализаторе фирмы *ELEMENTAR* модель *VARIO EL III*. Получены следующие данные: среднее содержание углерода – 69,5 %, водорода – 4,7 %, азота – 1,1 %, серы – 2,0 %, кислорода – 23,7 % (табл. 3). В сравнении с Бриневскими бурыми углями наблюдается более высокая доля содержания углерода, что может свидетельствовать о более глубокой степени метаморфизма органического вещества бурых углей Лельчицкого углепрооявления.

Таблица 3. Элементный состав органического вещества образцов бурых углей Лельчицкого углепрооявления

№ пробы	A ^c , %	Элементный состав, % на ОВ				
		C	H	N	S	O
1	45,0	59,0	4,2	1,8	3,3	31,7
6	37,9	64,7	3,4	1,0	3,9	27,0
15	25,9	70,5	6,5	1,5	2,4	19,1
22	25,1	70,3	4,3	0,9	1,4	23,1
29	13,5	76,3	5,0	1,1	1,5	16,1
31	12,6	71,4	5,1	1,1	1,5	20,9
32	10,1	72,0	4,8	0,9	1,5	20,8
43	26,4	72,2	4,4	0,8	1,2	21,4
47	17,8	67,3	4,5	0,9	1,6	25,7
48	29,5	68,6	4,5	1,0	1,7	24,2
51	19,3	70,3	4,7	0,9	1,7	22,4
Среднее значение	23,9	69,3	4,7	1,1	2,0	22,9

Примечание. Данные по образцам № 1 и № 6 отличаются от других образцов, особенно по содержанию серы, что может быть объяснено наличием в минеральной части серосодержащих минералов.

Для оценки качественных показателей органического вещества бурых углей определяли выход гуминовых веществ и битумов [4]. Выход последних зависит от используемого растворителя. Большое распространение получил метод экстракции битумов спирто-бензольной смесью в соотношении 1:1, что использовано в работе. Отдельные образцы были проанализированы экстракцией очищенным бензином «калоша». Экстракцию угля осуществляли в аппарате Грефе при температуре кипения растворителя до полного его обесцвечивания. Экстракты упаривали, битумы подсушивали в течение 2 ч при 80°C и определяли весовым методом. Выход битумов из разных образцов угля оказался незна-

чительным и не превысил 1,7 %. Спиртобензольная смесь выделяет их наибольшее количество, экстракцией бензином обнаружены лишь следовые количества битумов.

Гуминовые кислоты определялись по ГОСТ–9517–94. Полученные данные показали, что исследуемые бурые угли содержат в составе органической массы от 4 до 30 % гуминовых кислот и до 2 % битумов. В образцах бурого угля скважины № 8 содержание гуминовых кислот колеблется от 3,7 до 16,2 %.

На рисунке приведена зависимость содержания гуминовых кислот от глубины отбора образцов бурых углей скважины № 9 Лельчицкого углепрооявления. Как видно из рисунка с увеличе-

нием глубины залегания угля наблюдается тенденция уменьшения содержания в нем гуминовых кислот, что можно объяснить более высокой степенью метаморфизма бурых углей.

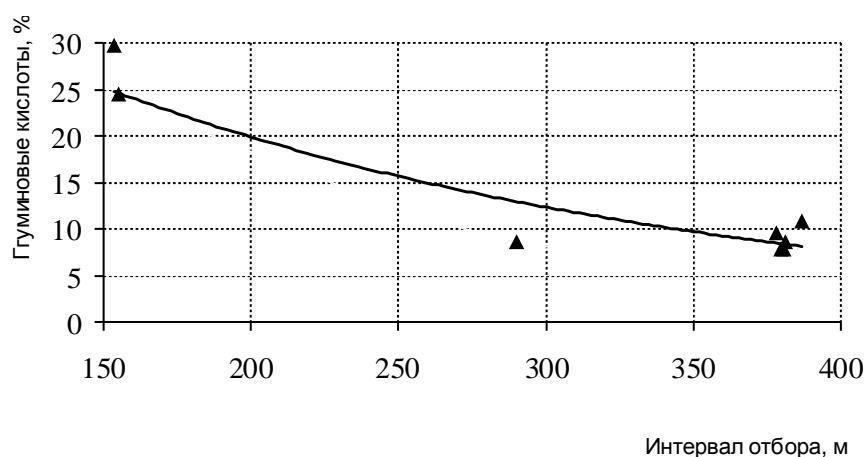
Проведен сравнительный анализ данных по содержанию гуминовых кислот и битумов бурых углей Лельчицкого углепрооявления и Бриневского месторождения (табл. 4).

Как видно из данных (табл. 4), средние значения содержания гуминовых кислот бурых углей Лельчицкого углепрооявления по скважинам изменяются в пределах 8,2–13,4 %, по всем исследованным образцам – 10,4 %. Среднее значение содержания битумов – 1,3 %. Для бурых углей Бриневского месторождения средний выход гуминовых веществ составил 58,2 %, битумов – 8,1 % [5].

Теплота сгорания является одной из важнейших теплотехнических характеристик углей. Она зависит от химического состава органического вещества, содержания золы, влаги. Теплоту сгорания определяли на приборе ИКА– калориметр «С 5003 control». Определение высшей теплоты сгорания проводили по ГОСТ 147–95, ИСО

1928–76. Значение низшей теплоты сгорания вычисляли по формуле [6]: $Q_n = Q_b - 6(W + 9H)$. Полученные данные представлены в табл. 5.

Для сравнительного определения теплотехнических характеристик бурых углей рассчитаны их удельные теплоты сгорания на единицу массы (Q_n , Ккал/кг ОВ). Данная величина позволяет исключить влияние влажности и зольности и характеризовать теплоту сгорания органического вещества. Сравнение указанных величин по скважинам показало несколько более высокую теплоту сгорания органического вещества скважины № 8 (среднее значение трех образцов – 5685 Ккал/кг). Для скважины № 9 аналогичный показатель составил 5330, для скважины № 11 – 5490, № 25 – 4840. Наименьшее значение (один образец) наблюдалось для скважины № 1 – 3960 Ккал/кг ОВ. Четкой закономерности изменения удельной теплоты сгорания органического вещества по глубине скважины не выявлено. Низшая рабочая теплота сгорания для исследованных образцов составляет 4100 Ккал/кг, что в 2 раза выше аналогичного показателя для углей Бриневского и Житковичского месторождений [5].



Зависимость содержания гуминовых кислот бурых углей Лельчицкого углепрооявления от глубины отбора проб скважины № 9

Таблица 4. Сравнительные данные содержания гуминовых кислот и битумов бурых углей Лельчицкого углепрооявления и Бриневского месторождения

№ скважины	Среднее значение выхода компонента, % на ОВ			
	Количество образцов	Гуминовые кислоты	Количество образцов	Битумы
Лельчицкое углепрооявление				
1	1	11,5		
8	8	9,2		
9	8	13,4	2	1,7
11	2	11,2		
15	2	8,7		
25	2	8,2	1	0,7
По всем скважинам	23	10,4	3	1,3
Бриневское месторождение				
–	10	58,2	4	8,1

Таблица 5. Теплота сгорания углей Лельчицкого углепроявления

№ пробы	№ скважины	W, %	A ^c , %	Q _в , Ккал/кг	Q _н ^p , Ккал/кг	Q _н , Ккал/кг ОВ
1	1	10,2	43,5	2940	2635	3960
15	8	9,5	25,9	4885	4575	6175
22	8	12,5	25,1	4260	3940	5620
23	8	12,7	28,5	4085	3760	5260
29	9	13,0	9,4	5430	5105	5635
31	9	14,8	8,8	5130	4800	4880
32	9	15,2	9,0	5260	4925	5265
33	9	15,1	22,1	4260	3925	5490
34	9	13,1	17,8	4375	4050	4930
35	9	15,1	20,1	4605	4265	5780
39	11	10,1	34,8	3955	3650	5690
43	11	12,1	26,4	4205	3890	5285
47	15	14,3	21,8	4565	4240	5420
51	25	23,4	19,3	4000	3620	4485
53	25	14,0	20,2	4500	4160	5200
Среднее значение		13,7	22,2	4430	4100	5270

Таким образом, определены технические характеристики бурых углей Лельчицкого углепроявления, выполнены исследования химического состава органического вещества и минеральных составляющих.

Влажность исследованных проб – 10–17 %, что не требует, в отличие от углей Бриневского месторождения дополнительной подсушки при их сжигании и энерготехнологической переработке. Зольность в среднем составляет 30 %, выход летучих веществ в 1,5 раза ниже Бриневских углей и составляет 25–40 % на сухое вещество и 40–60 % на горючую массу. Корреляции между глубиной отбора проб из скважины и выходом летучих веществ не установлено. Средние значения по элементному составу следующие: содержание углерода 69 %, водорода – 4,7 %, азота – 1,1 %, серы – 2,0, кислорода – 23,2. Низшая рабочая теплота сгорания не менее 4000 Ккал/кг, что в 2 раза выше бурых углей Житковичского месторождения.

Выход гуминовых кислот составляет около 10 % на органическое вещество, что в 4–6 раз

ниже аналогичного показателя углей Бриневского месторождения. Среднее значение битумов – 1,3 %, что свидетельствует о более высокой степени метаморфизма и приближении их к каменным углям.

Исследование химического состава зольной части углей показало, что основными компонентами являются оксиды кремния, алюминия, железа, кальция, титана, магния, марганца, калия, натрия, фосфора и серы.

По количественному содержанию компонентов органического вещества – гуминовых веществ и битумов – угли Лельчицкого углепроявления значительно отличаются от углей Бриневского месторождения. Указанные различия компонентного состава свидетельствуют о большей степени метаморфизма углей Лельчицкого углепроявления и по этим показателям, также как и по влажности могут быть отнесены к технологической группе Б 3.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ. Проект № X 09МН – 002.

Л и т е р а т у р а

1. Полезные ископаемые Беларуси / Под ред. П. З. Хомич и др. Минск, 2002. С. 175–176.
2. Минерально-сырьевая база угольной промышленности России (динамика, состояние, развитие). М., 1999. Т. 1.
3. Фалюшин П. Л., Коврик С. И., Смычник Т. П. и др. Качественные характеристики бурых углей Бриневского месторождения // Природопользование. Минск, 2007. Вып. 13. С. 109–113.
4. Аронов С. Г., Нестеренко Л. Л. Химия твердых горючих ископаемых. Харьков, 1960.
5. Лиштван И. И., Фалюшин П. Л., Дударчик В. М. и др. Пиролиз бурых углей Бриневского месторождения Республики Беларусь // ХТТ. 2009. № 3. С. 20–25.
6. Равич М. Б. Топливо и эффективность его использования. М., 1971.

И. И. Лиштван, П. Л. Фалюшин, В. М. Дударчик, В. М. Крайко

КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУРЫХ УГЛЕЙ ЛЕЛЬЧИЦКОГО УГЛЕПРОЯВЛЕНИЯ

Приведены результаты определения технических характеристик углей Лельчицкого углепроявления, оценен выход гуминовых кислот и битумов, химический состав золы. Влажность исследованных проб составляет 10–17 %, что не требует в отличие от углей Бриневского месторождения дополнительной подсушки при их сжигании и энерготехнологической переработке. Зольность в среднем 30 %, выход летучих веществ в 1,5 раза ниже Бриневских углей и составляет 25–40 % на сухое вещество.

Средние значения по элементному составу следующие: содержание углерода – 69 %, водорода – 4,7, азота – 1,1, серы – 2,0, кислорода – 23,2. Низшая теплота сгорания составляет не менее 4000 Ккал/кг, что в 2 раза выше бурых углей Бриневского месторождения.

Выход гуминовых кислот около 10 % на органическое вещество, что в 4–6 раз ниже аналогичного показателя углей Бриневского месторождения. Среднее значение битумов – 1,3 %, что свидетельствует о более высокой степени метаморфизма и приближении их к каменным углям.

I. I. Lishtvan, P. L. Falushin, V. M. Dudarchik, V. M. Kraiko

QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF BROWN COALS OF LELCHITSY COAL MANIFESTATION

Results of identification of technical characteristics of Lelchitsy coal manifestation are given, outcome of humic acids and bitumina, chemical ash composition are assessed. Humidity of the studied samples is 10–17 % that does not require an extra light drying at incineration and energy-technological processing unlike coals of the Brinevichi deposit. Average ash content is 30 %, volatile matters outcome is 1,5 times lower than of Brinevichi coals and is 25–40 % per dry matter. Element average values composition are: carbon content – 69 %, hydrogen – 4,7 %, nitrogen – 1,1 %, sulfur – 2,0 %, oxygen – 32,2 %. Lowest combustion heat is not less than 4000 Kcal/kg that is twice as much as of brown coals of the Brinevichi deposit.

Humic acids outcome is about 10 % per organic matter that is 4-6 times lower than a similar index of the Brinevichi deposit coals. Mean bitumen value – 1, 3 % that proves a higher metamorphism rate and their similarity with coals.

П. Л. Фалюшин, Р. Ф. Братишко, В. К. Жуков, Е. В. Ануфриева

О ТЕРМИЧЕСКОМ РАЗЛОЖЕНИИ ТОРФА СОВМЕСТНО С ОТХОДАМИ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

Исследован процесс термического разложения торфа совместно с отходами поливинилхлорида в камере термолиза с целью снижения выбросов в атмосферу хлорсодержащих и других летучих соединений.

В настоящее время в Республике Беларусь ежегодно образуется более 4 млн т горючих отходов, которые в силу сложившихся обстоятельств в желаемых масштабах практически не находят применения, – на переработку их идет лишь малая (около 5 %) часть.

В то же время в водогрейных и паровых котлах, предназначенных для теплоснабжения жилых и промышленных зданий, а также других объектов жилищно-коммунального хозяйства, в качестве топлива используют дорогостоящие импортируемые природный газ и жидкое топливо.

Как показывает анализ состояния проблемы, вовлечение в энергетику горючих органических отходов путем частичной замены ими импортируемого топлива позволило бы заметно увеличить долю собственных ресурсов в топливно-энергетическом балансе республики.

Накапливаясь в местах эксплуатации, вывозимые на свалки или рассеянные на окружающих территориях отходы загрязняют окружающую среду вследствие своей высокой стойкости к действию внешних факторов – солнечного света, влаги, кислорода, озона, микробиологического воздействия. Кроме того, продукты неконтролируемого сжигания данных отходов – ароматические и полициклические соединения, предельные и непредельные углеводороды, особенно стойкие органические загрязнители (СОЗ) [6], также оказывают вредное влияние как на окружающую среду (почву, воду, воздушный бассейн), так и на ее обитателей. Все это усложняет решение проблемы, переводя ее из экономической области в область охраны окружающей среды.

В последние годы во многих странах мира разрабатывают технологии и оборудование для термического обезвреживания отходов, снабженное, в частности, камерой дожигания образующихся летучих продуктов с целью разрушения СОЗ и позволяющее максимально повысить эффективность использования отходов для получения энергии. Сокращение вредных выбросов происходит за счет связывания и перевода образующих их компонентов в твердый зольный остаток посредством введения в обрабатываемую органическую массу многокомпонентного сырья кальцийсодержащих соединений.

Наиболее благоприятные условия для снижения вредных выбросов создаются при двухстадийном сжигании топлива – газогенерации с образованием горючих газов и их дожиганием с достижением в жаровом канале высокой температуры (1100–1300 °С), обеспечивающей термическое разложение СОЗ, в том числе диоксинов. Применительно к газогенераторным установкам – это слоевые обращенный и смешанный, в том числе двухзонный процессы газификации, а также в кипящем слое, когда летучие продукты подвергаются крекингу и сжиганию при контакте с золой и коксом.

В Республике Беларусь также развивается данное направление термической переработки горючих отходов. В принятой «Стратегии устойчивого развития Минска на период до 2020 года» [8] планируется при общем возрастании объема отходов с 1,3 млн т/г. до 1,56 млн т/г. значительное уменьшение захоронения отходов на полигонах как за счет увеличения вторичного использования, так и за счет термического уничтожения методом сжигания (газификации) (табл. 1).

Особенно остро во всем мире стоит проблема утилизации отходов пластмасс. Около 65 % пластмасс, входящих в состав отходов потребления, – это полиолефины, 10–15 приходится на полистирол, 10–13 – на поливинилхлорид (ПВХ), около 5 % – на другие пластмассы. Значительную часть отходов пластмасс сжигают, перерабатывают или складывают.

Одними из наиболее опасных в плане воздействия на окружающую среду являются пластмассы на основе ПВХ, при горении которых возможно образование таких токсичных соединений, как полихлорированные диоксины и фураны: *n*-Cl-полихлордибензодиоксин и *n*-Cl-полихлордибензофуран. Количество отходов ПВХ будет расти, поскольку наблюдается рост его потребления: в ближайшие годы мировое производство ПВХ достигнет 35 млн т, а в Европе – 7 млн т [3, 1]. Изделия из ПВХ, отслужившие свой срок и попавшие на полигон бытовых отходов, вносят до 50 % от общего количества хлора, который попадает на эти объекты [5]. Содержание ПВХ в составе коммунальных отходов доходит до 5–7 %.

Таблица 1. Структура образования и утилизации отходов по г. Минску

Отходы	Объем образования отходов, тыс. т			
	Год			
	2005	2010	2015	2020
Коммунальные	670	720	760	800
Промышленные	665	700	730	760
Вторичное использование отходов, %:				
коммунальных	4	10	15	25
промышленных	25	40	50	60
Утилизация отходов методом сжигания (газификации), тыс. т	60	100–200	200–300	300–400
Захоронение отходов на полигонах, тыс. т	900	760–860	610–710	500–600

Цель настоящей работы – обоснование технологических параметров термического разложения торфа совместно с отходами ПВХ в камере термоллиза с целью снижения выбросов в атмосферу хлорсодержащих летучих соединений.

Сжигание отходов пластмасс характеризуется более высокими скоростями горения и потреблением кислорода по сравнению с древесиной и бумагой. Энергетический эффект от сжигания 1 кг полипропилена – 44 МДж, полиэтилен-терефталата – 22,8; ПВХ – 20, дерева – 16, бытовых отходов – 8 МДж. Состав газообразных продуктов пиролиза, образующихся при горении ПВХ, в значительной степени зависит от условий горения и состава ПВХ-композиции. ПВХ, как ни один другой материал, использует ряд добавок: красителей, пластификаторов, стабилизаторов, наполнителей. Многие из них токсичны [5].

До сих пор нет единого мнения о механизме термодеструкции поливинилхлорида [5]. Предполагается, что она протекает по различным механизмам в несколько этапов: до 180 °С – незначительное разрушение полимера, при повышении температуры – дегидрохлорирование полимерной цепи. Предложены также свободно-радикальный, ионный и ионно-молекулярный механизмы. Свободнорадикальный механизм заключается в образовании свободных макрорадикалов и последующем их дегидрохлорировании.

Ионный механизм предполагает поляризацию связей C–Cl и C–H, приводящую к образованию четырехчленного ионного комплекса, распадающегося с выделением хлористого водорода и образованием двойной связи. Кроме того, существует представление о трех общих механизмах формирования диоксинов в процессе горения [3]: неполное сгорание диоксинов/фуранов; синтез из предшественников (хлорбензолов, хлорофенолов) в присутствии хлора из-за плохого перемешивания сжигаемых углеводородов с воздухом, нарушения процесса горения; синтез диоксинов/фуранов в газоходах и очистных установках из полиароматических комплексов в составе аэрозолей при их реакции с хлором при 300 °С.

Дегидрохлорирование вплоть до 400 °С является основной реакцией, протекающей с сохранением углеродной цепи. При удалении хлористого водорода образуется углеродная цепь, содержащая многочисленные двойные связи, которые влияют на дальнейшее разрушение полимера. Но некоторое количество хлора все же остается в нем, участвуя в образовании хлорированных углеводородов. С повышением температуры начинает разрушаться углеродная цепь с двойными связями с образованием предельных и непредельных соединений, а при температуре 800 °С и выше происходит графитизация остатка полимерной цепи с высоким содержанием углерода (C:H > 2). Установлено, что в твердом остатке пиролиза присутствуют полиароматические соединения, содержащие от трех до пяти ядер, а также углеводородные цепочки разветвленного строения [3].

В ходе исследований образования диоксинов в процессе сжигания отходов, содержащих ПВХ, установлено, что добавка карбоната натрия снижает образование диоксинов на два порядка; внесение карбоната кальция в ПВХ в количестве 25 % приводит к поглощению 80 % хлора, способного участвовать в процессе образования диоксинов [4, 7].

Кальцийсодержащие соединения при пиролизе и горении твердых топлив или горючих органических отходов играют роль «перехватчиков» экологически вредных выбросов – хлорсодержащих летучих веществ и фтора.

При горении коммунальных отходов, в составе которых находится около 4 % ПВХ, на стадии термоллиза (до 400 °С) выделяется 1,5–2,0 % хлористого водорода, способного взаимодействовать, например, с гуматами кальция (компонентом торфа) по реакции: $\text{Ca(RCOO)}_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{RCOOH}$ или с карбонатами, входящими в состав сапропеля: $\text{CaMg(CO}_3)_2 + 4\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2\uparrow$, что позволяет перевести хлор в термически устойчивые соединения (CaCl_2 , MgCl_2) и, соответственно, снизить выбросы в атмосферу экологически опасных летучих хлорсодержащих органических соединений типа 2,3,7,8-тетрахлордibenзодиокси́на.

Для термического разложения и газификации смесей полимерных отходов с торфом нами выполнен расчет их состава, позволяющего снизить выбросы вредных веществ в атмосферу.

Известно, что пиролиз хлорсодержащих полимеров начинается с отщепления хлористого водорода при температуре более 130 °С, до 300–350 °С весь хлор количественно отщепляется. По аналогии с поглощением SO₂ карбонатсодержащие добавки, в том числе торф, будут активно взаимодействовать с выделяющимся хлористым водородом по брутто-реакции:

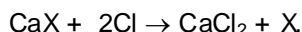


Количество добавки торфа рассчитываем следующим образом.

Вычисляем содержание хлора в ПВХ, исходя из структурной формулы $[-\text{CH}_2\text{CHCl}-]_n$:

$$\begin{aligned} M &= 12 + 1 \times 2 + 12 + 1 + 35,5 = 62,5; \\ \% \text{ Cl} &= (35,5/62,5) \times 100 \% = 56,8 \%. \end{aligned}$$

Принимаем, что среднее содержание ПВХ в полимерных отходах составляет 10 %, тогда содержание хлора в них – 5,7 %. Поглощение HCl описывается брутто-реакцией:



где X – органический или неорганический радикал.

Учитывая молекулярные массы Ca = 40 и 2Cl = 71, находим массовое отношение кальцийсодержащей добавки к полимерным отходам с содержанием хлора 5,7 % при соотношении Ca:Cl = 1:2:

$$40 \times 1 \times 5,7 \% : 71 = 3,2 \%.$$

Таким образом, добавка кальцийсодержащего компонента составляет 3,2 % в расчете на кальций и будет зависеть от содержания кальция в торфе.

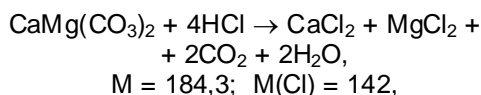
Возьмем в качестве добавки низинный торф зольностью 8 % с содержанием соединений кальция 1,3 мг-экв/г, что при эквивалентной массе кальция 40:2 = 20 (где 40 – молекулярная масса Ca, 2 – валентность) соответствует (1,3 мг-экв/г × 20 = 26 мг/г) = 2,6 % в пересчете на кальций. Добавка торфа составит 3,2 % × (100 : 2,6) = 123 %.

Количество торфа в смеси:

$$123 \% : [(100 \% + 123 \%)] \times 100 \% = 55,2 \%.$$

Количество полимерных отходов со средним содержанием 10% ПВХ – 44,8 %.

В качестве химического поглотителя хлористого водорода можно применять доломитовую муку, тогда процесс нейтрализации HCl описывается уравнением



т. е. для поглощения 142 г хлора требуется 184,3 г доломитовой муки, или 184,3:142 = 1,3 % на каждый процент содержания хлора в отходах, или

$$(1,3 \% : 56,8 \%) \times 100 \% = 2,3 \%$$

на каждый процент содержания ПВХ в смеси (56,8 % – содержание хлора в ПВХ).

Результаты термического анализа торфа и его смеси с отходами ПВХ, проведенного в режиме термолиза со скоростью подъема температуры 10 °С/мин до 1000 °С, показывают, что пики с максимумом около 300 °С на кривых ДТА, ДТГ свидетельствуют о том, что основная масса летучих соединений удаляется при температуре до 500 °С. Далее процессы протекают в твердом остатке (полукоксе), где происходит формирование структуры материала, распад и синтез новых, более устойчивых соединений, циклизация и конденсация ароматических структур с выделением водорода и метана (табл. 2).

При термическом разложении смеси торфа с ПВХ до 500 °С потеря массы выше по сравнению с исходным торфом, что обусловлено более высоким выходом летучих соединений и низкой термической устойчивостью органического вещества смеси. В области температур свыше 500 °С наблюдается обратная картина – рост термической устойчивости органического вещества и, соответственно, меньшая потеря массы.

Исследования термохимических превращений смеси торфа с отходами ПВХ проведены на лабораторной установке, состоящей из камеры термолиза, электрической печи, системы конденсации парогазовой смеси и газометра. Смесь для термолиза взята в виде гранул, полученных на лабораторном грануляторе смешиванием сырого торфа с частицами отходов ПВХ размером менее 1 мм. Гранулы высушивали до воздушно-сухого состояния. Количество отходов ПВХ в смеси составляло 10 %. Конечная температура термолиза – 700 °С, скорость нагрева материала в неподвижном слое – 6–8 °С/мин.

В процессе термолиза смеси для определения состава и теплоты сгорания газа на приборе ВТИ-2 его отбирали в различные температурные интервалы. Состав газа термолиза исходного торфа и его смеси с отходами ПВХ позволяет судить о термохимических процессах, протекающих в материале в зависимости от температуры, и о динамике образования продуктов его термического разложения (табл. 3).

Таблица 2. Потери массы торфа и смеси торфа с отходами ПВХ при термическом анализе

Образец	Потеря массы, %			
	Температура, °C			
	200–350	200–500	500–600	500–700
Торф	22,1	39,1	5,0	7,3
Торф + 10 % отходов ПВХ	26,9	43,1	3,1	5,7

Таблица 3. Состав и теплота сгорания газа термолиза исходного торфа и его смеси с отходами ПВХ

Показатель	Температура термолиза, °C															
	300–400				400–500				500–600				600–700			
	Торф		Торф + ПВХ		Торф		Торф + ПВХ		Торф		Торф + ПВХ		Торф		Торф + ПВХ	
	объ- ем- ный	мас- совый	объ- ем- ный	мас- совый	объ- ем- ный	мас- совый	объ- ем- ный	мас- совый	объ- ем- ный	мас- совый	объ- ем- ный	мас- совый	объ- ем- ный	мас- совый	объ- ем- ный	мас- совый
Состав газа, %:																
CO ₂	83,7	91,5	81,5	89,8	65,7	81,8	66,7	82,4	33,8	61,9	48,8	72,3	12,9	35,4	20,1	49,2
C _n H _m	0,6	0,5	1,8	1,5	2,8	2,6	2,9	2,7	3,5	4,8	3,5	3,9	0,8	1,7	1,0	1,9
CO	9,6	6,6	10,6	7,4	12,0	9,4	13,1	10,3	9,7	11,2	11,9	11,2	17,4	30,3	13,7	21,2
H ₂	3,0	0,2	3,3	0,2	6,9	0,4	7,9	0,5	22,5	1,9	14,1	0,9	41,5	5,2	38,7	4,3
CH ₄	3,2	1,2	2,8	1,1	12,6	5,7	9,3	4,2	30,6	20,2	21,7	11,7	27,4	27,4	26,5	23,5
Теплота сгорания, ккал/нм ³	717		905		2005		1805		3955		3058		4044		3805	

Как следует из приведенных в таблице данных, состав газа термолитиза смеси торфа с отходами ПВХ отличается от состава газа термолитиза исходного торфа. Если в составе газа исходного торфа содержание водорода при 500–600 °С составляет 22,5 об. %, то для смеси в этих условиях – 14,1 об. %. Такая же закономерность характерна и для метана, т. е. наблюдается значительное снижение его концентрации в составе газа термолитиза смеси торфа с отходами ПВХ при данной температуре.

Термическое разложение торфа при температуре выше 500 °С сопровождается разрушением органоминеральных комплексов типа гуматов кальция и синтезом более устойчивых полициклических соединений. Как известно, при этом

водород образуется при температуре выше 500 °С за счет реакций синтеза и конденсации ароматических соединений [2].

На основании анализа состава газа и результатов термического анализа можно сделать заключение, что хлорсодержащие соединения, образующиеся при термолитизе смеси торфа с отходами ПВХ, закрепляются в твердом остатке в виде хлоридов и нелетучих хлорсодержащих полициклических ароматических соединений. Наличие остатков хлора в их составе приводит к торможению реакций циклизации и конденсации с образованием полициклических соединений и, соответственно, – к снижению выхода водорода и метана.

Л и т е р а т у р а

1. Асеева В. К., Заиков Д. Т. Горение полимерных материалов. М., 1994.
2. Дрожалина Н. Д., Раковский В. Е. Механизм образования газа при пиролизе торфа // Изв. АН СССР. Отд. техн. наук, металлургия и топливо. 1962. № 5. С. 220–226.
3. Какарека С. В., Кухарчик Т. И., Хомич В. С. Стойкие органические загрязнители: источники и оценка выбросов. Минск, 2003.
4. Марцупь В. Н., Абади М., Липик В. Т. Газообразные продукты пиролиза полимерных композиций на основе поливинилхлорида // Весці НАН Беларусі. Сер. хім. навук. 2000. № 1. С. 105–108.
5. Паровой термолиз органических отходов / Д. В. Аристархов, Н. Н. Егоров, Г. И. Журавский и др. Ин-т тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси. Минск, 2001.
6. Сыркина И. Г., Трегер Ю. А. Экология и промышленность России. 2000. № 6. С. 29–31.
7. Фалюшин П. Л., Жуков В. К., Аксинович С. Ф. и др. Влияние торфа и сапропеля на связывание оксидов серы при совместном сжигании с серосодержащими отходами // Физика и химия торфа в решении проблем экологии. Тез. докл. Междунар. симп. Минска, 2002. С. 131–132.
8. <http://www.minskportal.com/statistics.htm> «Прогнозно-целевые показатели стратегии устойчивого развития Минска на период до 2020 года».

Институт природопользования НАН Беларуси

П. Л. Фалюшин, Р. Ф. Братишко, В. К. Жуков, Е. В. Ануфриева

О ТЕРМИЧЕСКОМ РАЗЛОЖЕНИИ ТОРФА СОВМЕСТНО С ОТХОДАМИ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

Наличие значительных количеств вредных веществ, особенно стойких органических загрязнителей, в продуктах термического разложения полимерных органических отходов усложняет решение актуальной проблемы их утилизации путем вовлечения в энергетику, переводя эту проблему из экономической в область охраны окружающей среды.

Выполнены экспериментальные исследования термолитиза смеси торфа с отходами поливинилхлорида. Изучена термоустойчивость системы и газообразование в зависимости от температуры процесса. Выполнен расчет соотношения отдельных компонентов в смеси, позволяющего снижать вредные летучие выбросы в атмосферу.

P. L. Falushin, R. F. Bratishko, V. K. Zhukov, E. V. Anufrieva

ON THERMAL DECOMPOSITION OF PEAT AND POLYVINYL-CHLORIDE WASTE

Availability of great amount of hazardous elements in persistent organic pollutants especially in thermal decay products of polymer organic waste complicates solution of actual challenge of their utilization through attraction into power engineering, transferring this issue from economical into the environment protection area.

Experimental studies of the thermolysis of peat and polyvinyl-chloride waste mix have been done. A system resistance and gas formation depending on the process temperature has been studied. Calculation of the ratio of some components in a mix has been done allowing reducing of hazardous volatile effluents into the atmosphere.

Г. П. Бровка, И. Н. Дорожок, И. А. Гишкелюк

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОДИСПЕРСИИ ВОДОРАСТВОРИМЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОЧВАХ И ГРУНТАХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЯХ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ПОТОКА

Приводится новая методика и результаты предварительных опытов по экспериментальной оценке коэффициента гидродисперсии в почвах и грунтах при вариации скорости фильтрационного потока.

В настоящее время нет единого подхода в определении параметров гидродисперсии водорастворимых соединений при их конвективном переносе в почвах и грунтах. Широко известное выражение для оценки гидродисперсии с помощью линейной зависимости от модуля скорости фильтрационного потока имеет вид

$$D_d = \lambda |V|, \quad (1)$$

где D_d – коэффициент гидродисперсии водорастворимого соединения, $\text{м}^2/\text{с}$; λ – параметр гидродисперсии, м; $|V|$ – модуль линейной скорости фильтрационного потока, м/с. При этом (1) можно рассматривать как эмпирическое выражение, правомерность использования которого должна оговариваться.

В отличие от указанного подхода, в работах [1–4] на основе решения задачи конвективного переноса с учетом динамики сорбции предлагается использовать квадратичную зависимость коэффициента гидродисперсии от скорости фильтрационного потока. При этом показано, что параметр гидродисперсии зависит от коэффициента распределения, коэффициента массообмена и влагосодержания материала. Правомерность такого подхода может быть ограничена лишь существенной нелинейностью изотермы сорбции водорастворимого соединения и зависимостью коэффициента массообмена от линейной скорости

фильтрационного потока. Например, при пропорциональности коэффициента массообмена линейной скорости фильтрационного потока зависимость коэффициента гидродисперсии от скорости фильтрационного потока может быть линейной. Но это частный случай.

Учитывая сложившуюся ситуацию относительно оценки коэффициента гидродисперсии водорастворимых соединений, при его оценке литературные и теоретические предпосылки необходимо подкреплять непосредственными экспериментальными исследованиями.

Отметим, что в литературе по этому поводу весьма ограниченное число экспериментальных данных и методических разработок.

Руководствуясь вышеизложенным, мы разработали и провели предварительные опыты по оценке коэффициента гидродисперсии в дерново-подзолистой почве при вариации скорости фильтрационного потока.

В основу данной методики положено асимптотическое решение задачи конвективного переноса сорбируемого водорастворимого соединения с учетом кинетики сорбции [1]. Решения подобных задач в неявной интегральной форме в литературе известны [5]. Указанное решение, в отличие от ранее известных, позволяет выразить коэффициент гидродисперсии в явной форме.

Асимптотическое решение имеет следующий вид:

$$C_1(x, \tau) = 0,5 \cdot (C_{\text{вх}} - C_0) \cdot \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x - 0,5 \cdot \Delta \xi - U\tau}{2 \cdot \sqrt{D_d \cdot \tau}} \right) \right]; \quad (2)$$

$$C_2(x, \tau) = 0,5 \cdot K_d \cdot (C_{\text{вх}} - C_0) \cdot \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x + 0,5 \cdot \Delta \xi - U\tau}{2 \cdot \sqrt{D_d \cdot \tau}} \right) \right]; \quad (3)$$

$$U = \frac{V}{\left(\frac{K_d}{W} + 1 \right)}; \quad (4)$$

$$\Delta\xi = W \frac{V}{\alpha} \frac{1}{\left(1 + \frac{W}{K_d}\right)}; \quad (5)$$

$$D_d = \frac{V^2}{\alpha} \frac{K_d^2 W^2}{(K_d + W)^3}, \quad (6)$$

где C_1 – концентрация водорастворимого соединения в поровом растворе, кг/кг; $C_{\text{вх}}$ – концентрация раствора, входящего в среду, кг/кг; C_0 – исходная концентрация раствора в среде, кг/кг; U – скорость продвижения фронта средней концентрации, м/с; τ – время, с; D_d – коэффициент гидродисперсии водорастворимого соединения, м²/с; C_2 – концентрация водорастворимого соединения в твердой фазе системы, кг/кг; K_d – коэффициент распределения, характеризующий отношение концентраций водорастворимого соединения, связанного твердой фазой материала, и находящегося в поровом растворе; $\Delta\xi$ – смещение положений фронтов средних концентраций водорастворимого соединения в жидкой и твердой фазах, м; α – коэффициент массообмена водорастворимого соединения «твердая фаза материала – поровый раствор», с⁻¹; V – линейная скорость конвективного переноса влаги, м/с; W – влагосодержание материала, кг/кг.

Справедливость полученного асимптотического решения проверена путем сопоставления с известными решениями в неявной интегральной форме, а также с численными решениями. Результаты показали, что асимпто-

тическое решение можно использовать при выполнении соотношения

$$\frac{\alpha\tau}{K_d} > 3. \quad (7)$$

Методика определения параметров гидродисперсии

На основе решения (2)–(6) получены формулы для расчета коэффициента гидродисперсии водорастворимых соединений при фильтрации их через почвенную колонку. Анализ решения позволил выявить закономерности пространственно-временного распределения водорастворимых соединений в твердой фазе почвогрунтов.

Прежде всего, видно, что точка средней концентрации порового раствора $X_{0,5}$ с течением времени смещается на величину

$$\Delta X_{0,5} = U \cdot \tau + 0,5 \cdot \Delta\xi. \quad (8)$$

Относительно точки средней концентрации $X_{0,5}$ кривая рассеяния концентрации водорастворимого соединения в жидкой фазе будет описываться функцией (3). В соответствии с этой функцией на выходе из почвенной колонки кинетика концентрации водорастворимого соединения подчиняется зависимости

$$C_1(L, \tau) = 0,5 \cdot (C_{\text{вх}} - C_0) \cdot \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{L - 0,5 \cdot \Delta\xi - U\tau}{2 \cdot \sqrt{D_d \cdot \tau}} \right) \right], \quad (9)$$

где L – длина почвенной колонки, м.

Если периодически измерять концентрацию водорастворимого соединения на выходе из почвенной колонки, то по последовательности времени отбора проб τ_n и соответствующих значения концентрации выходящего раствора C_n можно восстановить кривую распределения концентрации водорастворимого соединения на момент времени, соответствующий прохождению средней концентрации через нижний срез почвенной колонки. Для этого рассчитывают координаты X_n , соответствующие концентрациям C_n по формуле

$$X_n = L + (L - 0,5\Delta\xi - U\tau_n) \sqrt{\frac{\tau_{0,5}}{\tau_n}}. \quad (10)$$

В выражении (10) значение $\Delta\xi$ в начальный момент времени является неопределенным и в первом приближении его можно положить равным 0. Тогда скорость продвижения средней концентрации U может быть определена путем фиксирования времени появления средней концентрации на выходе из колонки и расчета по формуле

$$U = \frac{L}{\tau_{0,5}}. \quad (11)$$

Подставляя значение U в формулу (10), пренебрегая величиной сдвига профиля концентрации в поровом растворе, можно построить кривую, соответствующую распределению концентрации водорастворимого соединения в поровом растворе на момент времени $\tau_{0,5}$. При этом точка средней концентрации будет находиться на расстоянии, соответствующем длине почвенной колонки, а точки со значениями концентраций, превышающих среднюю концентрацию, будут располагаться в области, не выходящей за длину колонки. Точки же с концентрациями, меньшими средней концен-

трации, будут выходить за пределы почвенной колонки, что будет соответствовать распределению концентрации водорастворимого соединения в колонке не ограниченной длины. При линейной изотерме сорбции и постоянстве коэффициента массообмена α , а также корректном проведении опыта, полученное распределение будет представлять кривую с точкой перегиба в области средней концентрации, симметричную относительно центра в указанной точке, т. е. получена типичная кривая фильтрационного рассеивания водорастворимого соединения. Полученную зависимость аппроксимируют с помощью функции

$$C_1(X, \tau_{0,5}) = 0,5 \cdot (C_{\text{вх}} - C_0) \cdot \operatorname{erf} \left(\frac{X - L}{\sqrt{D_d \cdot \tau_{0,5}}} \right). \quad (12)$$

Для этого подбирают значения D_d с таким расчетом, чтобы полученная функция с минимальным отклонением описывала кривую, построенную на основании экспериментальных данных. Значение D_d , соответствующее минимальному различию между сравниваемыми кривыми, и будет приписано искомому коэффициенту гидродисперсии водорастворимого соединения.

Для дальнейшей обработки экспериментально полученных данных необходимо определить коэффициент распределения K_d . Это можно сделать, определив концентрацию водорастворимого соединения в верхних слоях материала почвенной колонки, где к концу опыта произошло полное насыщение твердой фазы сорбируемым водорастворимым соединением, и выполнив расчет по формуле

$$K_d = \frac{C_{\text{об}} \cdot (1 + W) - C_{\text{лвх}} \cdot W}{C_{\text{об}}}, \quad (13)$$

где $C_{\text{об}}$ – общая концентрация водорастворимого соединения в материале, включая жидкую и твердую фазы, в верхних слоях колонки, кг/кг; W – влагосодержание материала в колонке, кг/кг; $C_{\text{лвх}}$ – исходная концентрация раствора на входе колонки, кг/кг.

Далее, воспользовавшись полученными значениями D_d и K_d , а также линейной скоростью фильтрационного потока V и влагосодержанием материала W , рассчитаем α по формуле

$$\alpha = \frac{V^2}{D_d} \frac{K_d^2 W^2}{(K_d + W)^3}. \quad (14)$$

Полученное значение α позволяет найти величину смещения кривых, описывающих

изменение концентраций в твердой и жидкой фазах в процессе фильтрации по формуле (5).

Используя значения K_d и $\Delta\xi$, можно уточнить значение скорости продвижения средней концентрации U . С одной стороны, значение U должно соответствовать выражению

$$U \cdot \tau_{0,5} + 0,5 \cdot \Delta\xi = L. \quad (15)$$

С другой стороны, должно выполняться соотношение (4). Если значения U , полученные по (4) и (15), согласуются с погрешностью не более 10 %, то опыт можно считать проведенным корректно. В противном случае, необходимо пересчитать все ранее определенные параметры.

Уточнив значения U с учетом нового значения $\Delta\xi$, повторяют расчет координат X_n по формуле (10), затем находят оптимальное значение D_d , рассчитывают α по формуле (14) и $\Delta\xi$ по (5). Далее находят погрешность при определении U , и если она более 10 %, расчеты повторяют снова.

Лабораторная установка для определения параметров гидродисперсии

Для реализации разработанного способа исследования параметров гидродисперсии сорбируемых водорастворимых соединений в почвогрунтах создана лабораторная установка. Схема этой установки приведена на рис. 1. В отличие от ранее разработанной в данной установке фильтрат подается через напорную колонку, что позволяет, регулируя высоту напора, исследовать процессы гидродисперсии водорастворимых соединений при различных скоростях фильтрационного потока.

Фильтрационная установка состоит из почвенной колонки 1 с исследуемым материалом 2 и напорной трубки 3 для подачи в исследуемый образец фильтрата. Все части установки крепятся на штативе, что делает ее компактной. Почвенная колонка является разборной и состоит из эбонитовых колец с внутренним диаметром 5 см и высотой

1 см. В верхней части колонка герметично соединяется с напорной трубкой, представляющей собой стеклянную трубку диаметром 1 см и высотой до 1 м. Для этой цели можно использовать бюретку. В крышке почвенной колонки имеется отверстие, закрытое вентилем, через который стравливается воздух во время запуска опыта.

Для подачи фильтрата в почвенную колонку с определенным расходом создана специальная система из герметичного сосуда 5 с фильтратом, сообщающегося с барокамерой 6. Фильтрат подается по гибкому силиконовому шлангу в напорную трубку через регулирующий зажим 7, который сжимает участок силиконового шланга, заполненный стекловолокном. Это позволяет путем создания избыточного давления в барокамере в $0,2\text{--}0,4\text{ кгс/см}^2$ и

регулировкой зажима обеспечивать в течение достаточно длительного времени постоянную скорость поступления фильтрата в напорную трубку. В установившемся режиме в напорной трубке фильтрат поднимается на определенный уровень, создавая необходимое гидростатическое давление для обеспечения скорости фильтрации через почвенную колонку, соответствующую скорости поступления фильтрата в напорную трубку. В нижнем кольце вмонтированы электроды 8, которые позволяют с помощью моста переменного тока 9 измерять концентрацию водорастворимого соединения в выходном сечении фильтрационной колонки. Колонка с образцом почвы располагается над приемной емкостью 10 для сбора порций фильтрата. Дно колонки выполнено из тканевого фильтра, приклеенного к нижнему кольцу.

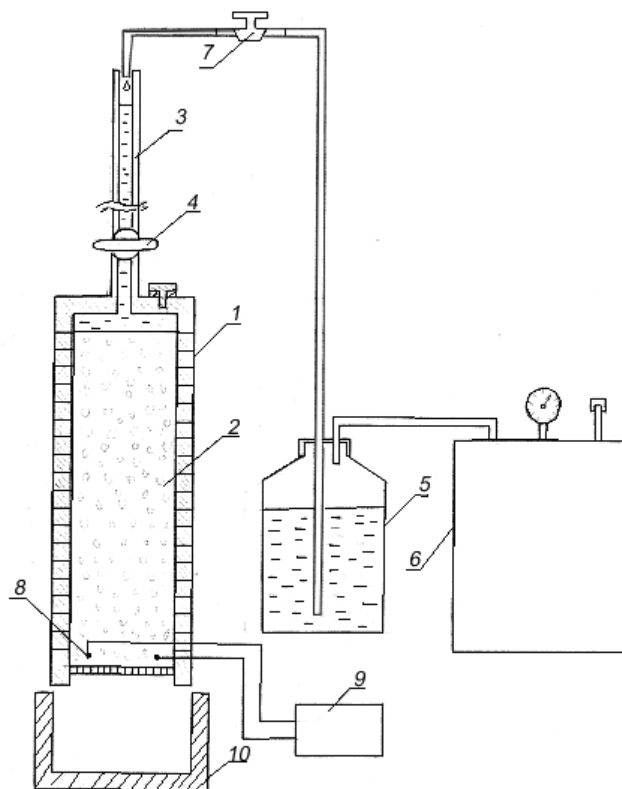


Рис. 1. Лабораторная установка для исследования процессов гидродисперсии водорастворимых соединений при вариации скорости фильтрационного потока: 1 – почвенная колонка; 2 – исследуемый материал; 3 – трубка; 4 – вентиль; 5 – герметичный сосуд с фильтратом; 6 – барокамера; 7 – регулирующий зажим; 8 – электроды; 9 – мост переменного тока; 10 – приемная емкость

Порядок выполнения эксперимента

После монтажа установки почвенная колонка с исследуемым материалом насыщается слабоконцентрированным раствором водорастворимого соединения, чтобы концентрация его в почве C_0 была близкой к естественной. Следует отметить, что насыщение образца дистиллированной водой и последующая его промывка такой же водой могут приводить к

коагуляции высокодисперсной фракции почвы и кольтмации пор. Это вызывает резкое падение скорости фильтрации в течение опыта. Фильтрация слабого раствора проводится в стационарных условиях и измеряется время, затраченное на прохождение определенного объема раствора для определения плотности потока влаги в материале q . Затем начинается подача в колонку исследуемого мигранта определенной концентрации $C_{\text{вх}}$. Во

время фильтрации раствора периодически отбираются пробы фильтрата объемом 10 мл, в которых определяется концентрация ионов исследуемого мигранта C_n и фиксируется время прохождения каждой порции на выходе из колонки τ_n . По окончании процесса фильтрации почвенная колонка разбирается и определяется концентрация водорастворимого соединения в верхних слоях материала $C_{об}$. По результатам эксперимента строится график выходной кривой $C(\tau)$ и распределение мигранта в твердой фазе материала по длине почвенной колонки $C(X)$.

Экспериментальное определение параметров гидродисперсии

Для экспериментального исследования гидродисперсии водорастворимых соединений при наличии конвективных потоков влаги была выбрана дерново-подзолистая почва. Насыщение образцов проводилось слабым раствором KCl (0,002–0,004 н). В качестве мигранта был использован 0,5 н раствор KCl. При определении концентрации ионов K^+ в фильтрате использован метод пламенной фотометрии. Экспериментальная зависимость концентрации фильтрата на выходе из колонки от времени представлена на рис. 2.

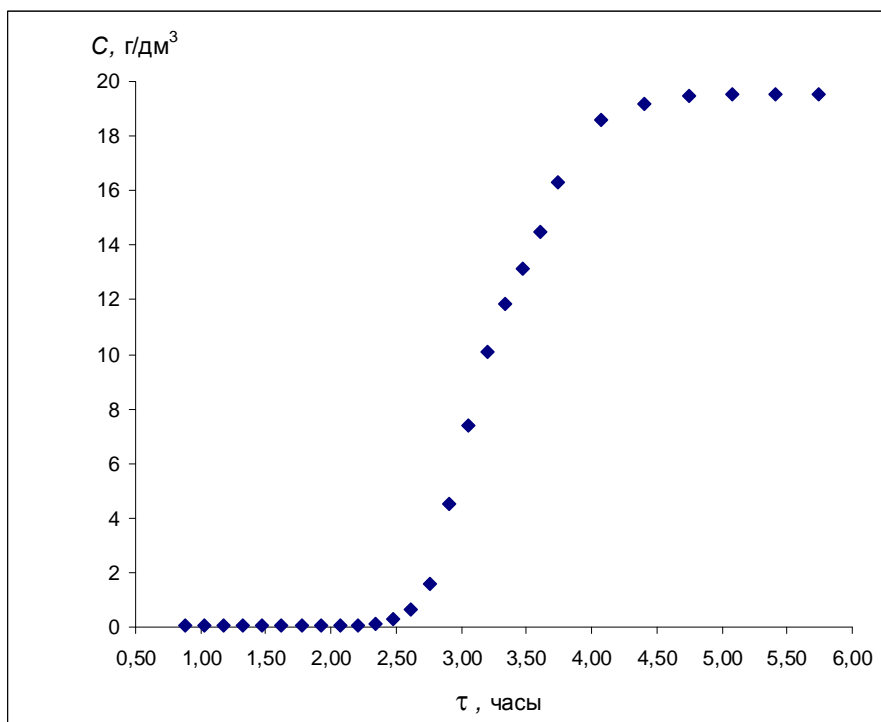


Рис. 2. Изменение концентрации иона калия в выходящем растворе со временем: $W=0,327$; $\rho_{ск}=1368 \text{ кг/м}^3$; $\rho=1800 \text{ кг/м}^3$; $V=2,02 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}$; $t_{0,5}=11500 \text{ с}$; $K_d=0,1$; $Q=1,94 \cdot 10^{-5} \text{ л/с}$; $q=9,88 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^2 \text{ с}$

Содержание K^+ , сорбированного твердой фазой материала, определялось согласно ГОСТ 26207-91 [6]. Для чего из верхних 5 см почвенной колонки готовился однородный образец, затем его высушивали и заливали 0,2 н раствор HCl из расчета 5 весовых частей раствора на единицу массы сухого вещества материала. Почву с раствором перемешивали в течение 1 мин мешалкой с частотой вращения лопастей 700 с^{-1} , оставляли на 15 мин, взбалтывали вручную и фильтровали через бумажные фильтры. В фильтрате определялось содержание калия с использованием пламенного фотометра. В образце также определяли влагосодержание. Для расчета содержания K^+ в твердой фазе материала на основе данных по концентрации K^+ в вытяжке была использована формула

$$C_{об} = \frac{C \cdot V_{HCl}}{m}, \quad (16)$$

где $C_{об}$ – масса калия в миллиграммах на килограмм образца при натуральной влаге; C – концентрация K^+ в растворе, мг/дм^3 ; V_{HCl} – объем раствора соляной кислоты 0,2 н, дм^3 ; m – масса навески образца, г.

С помощью формулы (13) определялось равновесное значение коэффициента распределения K_d . Используя данные о расходе фильтрата, влагосодержании и плотности образца почвы, по кинетике изменения концентрации фильтрата, выходящего из почвенной колонки, строилась расчетная кривая распределения K^+ в поровом растворе на момент прохождения фронта

средней концентрации через выходной створ почвенной колонки (рис. 3). На основании этого распределения получен коэффициент гидродисперсии D_d . В итоге установлено, что для исследованного образца дерново-подзолистой почвы коэффициент распределения K_d составляет 0,10; коэффициент массообмена $\alpha - 0,0012 \text{ с}^{-1}$, а коэффициент гидродисперсии $D_d - 4,6 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$.

Анализ полученных данных показывает, что коэффициент гидродисперсии K^+ при входной концентрации 0,5 н и линейной скорости фильтрационного потока $V = 2,02 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}$ в дерново-подзолистой почве имеет небольшое значение, сравнимое с эффективным коэффициентом молекулярной диффузии, который составляет для

указанного соединения в исследуемой почве $1,3 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$. Следовательно, чистый вклад конвективного переноса в коэффициент гидродисперсии составляет $3,3 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$.

Для выявления степени влияния линейной скорости фильтрационного потока на коэффициент гидродисперсии калия был проведен опыт с линейной скоростью фильтрационного потока в $0,7 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}$ при сохранении других исходных параметров. Обработка и анализ полученных величин показали, что суммарный коэффициент гидродисперсии в данном случае уменьшился до $1,8 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$. Это свидетельствует о том, что вклад конвективного переноса в эффективный коэффициент гидродисперсии снизился с $3,3 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$ до $0,5 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$, т. е. в 6,6 раз.

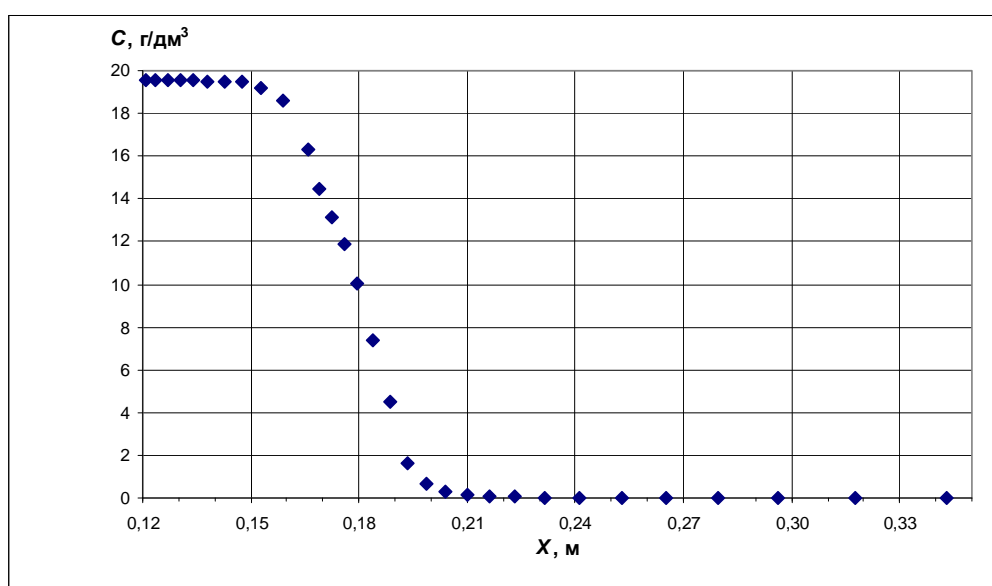


Рис. 3. Расчетная кривая распределения концентрации иона калия в поровом растворе почвы на момент прохождения фронта средней концентрации через выходной створ почвенной колонки

Выводы

Предложен метод оценки и экспериментального определения коэффициента гидродисперсии, а также таких характеристик материала и процесса переноса как коэффициент распределения и коэффициент массообмена, основанный на использовании асимптотического решения уравнения конвективной диффузии.

Проведены эксперименты для выявления степени влияния линейной скорости фильтрационного потока на коэффициент гидродисперсии калия. Анализ полученных данных показывает, что коэффициент гидродисперсии K^+ в дерново-подзолистой почве имеет

небольшое значение, сравнимое с эффективным коэффициентом молекулярной диффузии. Коэффициент гидродисперсии пропорционален скорости линейного потока в степени 1,8. Отклонение от квадратичной зависимости, очевидно, связано с нелинейностью кинетики сорбции.

В дальнейшем для более достоверного определения экспериментальной зависимости коэффициента гидродисперсии водорастворимых соединений от линейной скорости фильтрационного потока планируется провести опыты с соединениями, имеющими больший коэффициент распределения K_d , например с Sr-90.

Литература

1. Бровка Г. П. Расчет конвективного переноса водорастворимых соединений с учетом кинетики сорбции // Инженерно-физический журнал. 2001. Т. 74. № 3. С. 25–29.
2. Бровка Г. П., Дорожок И. Н., Иванов С. Н. Фильтрационная дисперсия водорастворимых соединений // Проблемы водных ресурсов, геотермии и геоэкологии: Материалы междунар. науч. конф. Минск, 2005. Т. 1. С. 64–66.
3. Бровка Г. П., Дорожок И. Н. Моделирование гидродисперсии сорбируемых водорастворимых соединений // IV Минский международный форум по тепло- и массообмену. Минск, 2008. Т. 2. С. 178–180.
4. Бровка Г. П., Дорожок И. Н. Динамика сорбции минеральных водорастворимых соединений в природных дисперсных средах // Весці НАНБ. 2010. № 3. С. 20–26.
5. Основы расчета и оптимизации обменных процессов. М., 1972.
6. ГОСТ 26207-91. ПОЧВЫ. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО.

Институт природопользования НАН Беларуси

Г. П. Бровка, И. Н. Дорожок, И. А. Гишкелюк

**МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОДИСПЕРСИИ
ВОДРАСТВОРИМЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОЧВАХ И ГРУНТАХ ПРИ
РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЯХ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ПОТОКА**

В статье представлено теоретическое обоснование новой методики и результаты экспериментов по оценке коэффициента гидродисперсии в почвах и грунтах при вариации скорости фильтрационного потока.

В основу данной методики положено асимптотическое решение задачи конвективного переноса сорбируемого водорастворимого соединения с учетом кинетики сорбции. На основе указанного решения получены формулы для расчета коэффициента гидродисперсии, коэффициента распределения, коэффициента массообмена, а также смещения кривых, описывающих изменение концентраций в твердой и жидкой фазах в процессе фильтрации водорастворимых соединений. Анализ решения позволил выявить закономерности пространственно-временного распределения водорастворимых соединений в твердой фазе почвогрунтов.

G. P. Brovka, I. N. Dorozhok, I. A. Gishkeluk

**METHODS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF HYDRO-DISPERSION
OF WATER SOLUBLE COMPOUNDS IN SOILS AND GROUNDS
AT VARIOUS FILTRATION FLOW RATES**

A theoretical substantiation of new method and experiments results on the assessment of hydro-dispersion coefficient in soils and grounds when the rate of filtration flow is varying has been presented in the article.

As a basis of the method stated an asymptomatic task decision of convective transfer of sorbing water soluble compound with regard to sorption kinetics was placed. On the basis of stated solution a formulas to calculate hydro-dispersion coefficient, a distribution coefficient, mass exchange coefficient as well as shift of curves describing variation of concentrations in solid and liquid phases in the filtration process of water soluble compounds were obtained. The solution analysis will enable finding regularities of spatial-time distribution of water-soluble compounds in a solid soil-grounds phase.

М. А. Бабец, В. П. Ильин, Е. А. Масловская

ПРИМЕНЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА ПОЛЕВОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ РАСТВОРЯЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ НА ЛЮБАНСКОЙ ЗАЛЕЖИ КАРНАЛЛИТА

Кинетический метод предусматривает использование математической закономерности, описывающей основной закон кинетики растворения солей, для определения параметра отклонения концентрации солей от насыщающих в технологических жидкостях солепромыслов. На стадии бурения поисково-оценочной скважины 259а и технологической скважины 259б на Любанской залежи калийно-магниевых солей применение метода дало возможность в полевых условиях оперативно контролировать и регулировать параметры буровых промысловых жидкостей, что обеспечило безаварийную проводку скважин с минимальным кавернообразованием в интервалах соленосных отложений, а также с линейным и массовым выходом керна по карналлиту более 97 %.

В результате опытных работ по добыче карналлита подземным растворением на Любанской залежи калийно-магниевых солей [3] получены исходные материалы для проектирования и технологического сопровождения процесса добычи карналлита в части подбора поверхностного оборудования и разработки регламентов эксплуатации рассолопромысла.

Ранее [1] считалось, что при подземном растворении карналлита технологической жидкостью (водой), подававшейся с поверхности в залежь, достичь ее насыщения даже по одному из компонентов карналлита – сильвина – невозможно. За рубежом, преимущественно в Германии, эта задача решается предварительным нагревом растворителя на поверхности перед его подачей в скважину. Процесс энергозатратный, но позволяет получать насыщенные магниевые щелока, являющиеся исходным сырьем для горно-химических производств. Технологию подземного растворения карналлита без предварительного нагрева называют «холодным» растворением, а с нагревом – «горячим» растворением.

Опытно-промысловый эксперимент на Любанской залежи калийно-магниевых солей показал, что в определенных горно-геологических условиях при залегании карналлита на глубине более 840 м получение оборотных высококонцентрированных калийно-магниевых рассолов возможно. Более того, возможно использование средне- и низкотемпературного потенциала недр, а также сезонно-климатических колебаний температуры окружающей среды для перевода системы «скважина–пласт» из режима растворения карналлита в режим его шламового разложения с выделением на поверхности садочного сильвина в качестве одного из полезных продуктов без использования внешних искусственных источников энергии.

Другими полезными продуктами процесса шламового разложения, т.е. неполного растворения карналлита в насыщенном по сильвину и недонасыщенном по хлористому магнию оборотном рассоле, являются сам оборотный карналлитовый рассол, а также смешанная садочная соль, выпадающая непосредственно в подземной камере растворения. Отсутствие специального погружного оборудования и глубинных пробоотборников для отбора твердого шламового материала из подземной камеры растворения не позволило отобрать представительные глубинные пробы смешанной садочной соли на разных стадиях опытно-промысловых работ. Однако исследования растворения карналлита, выполненные на кернах скважины 259а в лаборатории физико-химических исследований Государственного предприятия «БелНИГРИ», и анализ технологических материалов промысловых работ, в значительной мере предоставленных результатами физико-химических анализов и лабораторных определений растворяющей способности технологических жидкостей, позволили процесс образования третьего, остающегося пока в недрах «продукта» растворения карналлита, разделить на стадии.

На стадии полного, так называемого конгруэнтного, растворения карналлита происходило выпадение на дно камеры нерастворимых глинистых частиц и крупнозернистых агрегатов карналлита из кровли выработки за счет опережающего проникновения растворителя по межзерновым контактам породы. По мере насыщения оборотного рассола солями интенсивность процесса снижается.

На стадии шламового разложения (так называемого неполного растворения), когда имело место постепенное донасыщение оборотного раствора по ионам магния с одновременным высаливанием из раствора хлористого калия и, в

меньшей степени, содержащегося (поступившего из включений галита) в растворе хлористого натрия, в осадке появлялись оба компонента. Вследствие более высокой плотности растворов, содержащих хлористый магний (по сравнению с хлористыми натрием и калием), имел место конвективный переток карналлитового раствора в приподошвенную застойную зону подземной камеры, откуда происходило вытеснение более легкого карналлитового раствора к зоне более активного движения жидкостей. Далее высококонцентрированный раствор, содержащий часть не выпавшего в осадок мелкокристаллического шламового хлористого калия, поступал в рассолоподъемную скважину 259б, в которой по мере охлаждения при движении к устью скважины выделялся осадочный «температурный» сильвин. Часть шламового сильвина (и галита) поступало в осадок нерастворимых частиц и крупнозернистых агрегатов карналлита на дне подземной камеры.

При шламовом разложении карналлита в насыщенном по хлористым калию и магнию щелоке на завершающей стадии процесса имело место увлажнение карналлита по межзерновым прослоям с разложением входящей в него бишофитовой составляющей, что приводило к появлению в осадке на дне камеры частиц карналлита с повышенным содержанием как хлорида калия, так и гелеподобных водных хлористых солей магния (бишофита).

Периодический ввод растворителя (воды) в процессе подземного растворения солей (ПРС) в систему приводил, фактически, к разбавлению карналлитового рассола с преобладающим содержанием хлористого магния в основном только в «активной» зоне подземной камеры растворения. При непрерывной прокачке растворителя по кольцевой схеме в этом случае, как показал промысловый эксперимент, интенсивный набор концентрации оборотного раствора происходил преимущественно за счет процесса перемешивания растворителя с насыщенным рассолом в застойной зоне подземной камеры растворения. Перемешивание жидкостей в подземной камере, в случае Любанского опытного участка подземного растворения карналлита, было обусловлено расположением башмака раствороподводящей эксплуатационной колонны в скважине 259б над подошвой пласта: вода подавалась, таким образом, под слой тяжелого карналлитового рассола застойной зоны и «всплывала» в нем, смешиваясь с рассолом. Стабилизация концентрации оборотного раствора происходила за 3–4 цикла его прокачки через подземную камеру при соотношении объемов «активная зона» – 12–14 м³, «застойная зона» – около 30 м³. Дальнейший, более замедленный набор концентрации раствора проходил уже за счет неполного растворения карналлита, причем, поскольку исходный разбавляемый раствор имел

относительно высокую концентрацию по хлористому магнию и значительно меньшую по калию, по-видимому, в осадок переходило меньшее количество кристаллизационного сильвина, а увеличивалось количество шламового сильвина, выпадающего в осадок вместе с частичками карналлита и нерастворимыми примесями.

Промысловый эксперимент показал, что процесс подземного растворения глубокозалегающих пластов карналлита обладает не только особенностями, ранее относимыми к таким направлениям геотехнологических способов добычи полезных ископаемых, как подземное выщелачивание (подземное избирательное растворение минералов с изменением их химического состава) солей и подземная гидродобыча (разрушение и экскавация твердого подземного ископаемого на поверхность жидкостными и газожидкостными потоками), но и особенностями, присутствующими процессам обогащения и переработки продуктивных щелоков калийно-магниевых руд. При этом процесс осаждения смешанной соли в подземной камере растворения зависит от горно-геологических условий объекта и применяемых технологических режимов.

Для проектирования строительства солепромыслов и разработки технологии ПРС и гидродобычи смешанной соли, аккумулирующейся в подземной камере растворения, при подземном холодном растворении карналлита, знание специфики образования вещественного состава данного продукта (либо полуфабриката), а также полевой оперативный контроль степени насыщения технологической жидкости по KCl и MgCl₂ необходимы. Однако, как известно [4], натурные исследования в данном случае крайне затруднительны. Моделирование с соблюдением критериев подобия приводит к необходимости привлечения значительных материальных средств и дает возможность оценивать, как правило, только отдельные объекты или технологические операции, охватываемые термином ПРС [1]. В процессе бурения скважин в хемогенных отложениях, представленных легкорастворимыми минеральными солями, отраслевыми нормативными документами регламентируется проведение регулярных (на глубоких разведочных скважинах с периодичностью 2 ч) полевых лабораторных замеров технологических параметров промывочной жидкости (ПЖ). При этом оперативных полевых методов замера параметра отклонения концентрации отдельных солей в многокомпонентном растворе от насыщающей до настоящего времени не было. На стадии бурения поисково-оценочной и эксплуатационной скважин на Любанском объекте потребности оценки растворяющей способности применяемых буровых ПЖ для своевременного осуществления технологических мероприятий, направленных на борьбу с

кавернообразованием и растворением керна полезного ископаемого в отложениях калийно-магниевых солей, были эффективно обеспечены применением кинетического метода контроля отклонения концентрации растворяемых солей в технологических жидкостях (ТЖ) от состояния насыщения. Как известно, оперативный полевой контроль минерализационного состава ТЖ, содержащей поливалентные ионы солей, а также большое количество тонкодисперсной нерастворимой твердой фазы, является весьма сложной задачей. В этих условиях при наличии «чистого» диффузионного растворения солей возможно использование основного уравнения кинетики растворения солей для решения некоторых практических задач. В свое время Государственное предприятие «БелНИГРИ» предложило [2] использовать данное уравнение для определения параметра недонасыщенности ТЖ по отдельным солям в условиях поливалентной агрессии. Метод предусматривает нахождение величины недонасыщенности по следующей основной зависимости:

$$(C_H - C_x) = (dx/dt)/KS,$$

где C_H – предельная концентрация соли в насыщенном растворе; C_x – фактическая концентрация той же соли в растворе; dx/dt – скорость растворения; dx – масса соли, растворившаяся за время dt ; S – площадь поверхности растворения; K – коэффициент скорости растворения.

Метод реализуется путем растворения эталонных образцов соли в технологической жидкости при инструментальном замере величин dx/dt и S . Затем рассчитывается величина недонасыщенности $(C_H - C_x)$. Значения коэффициента скорости растворения K находят из опытных регрессионных зависимостей, представленных в виде таблиц. Наиболее приемлемым, с точки зрения точности метода, является принудительное растворение в ПЖ большого числа эталонных образцов соли, как это практикуется в галургии [5], с последующим ситовым анализом всей массы соли. При требованиях к точности определяемого параметра (± 10 – 20 кг/м³ соли при общей минерализации до 300–350 кг/м³) может использоваться единичный эталонный образец.

Для лабораторного обеспечения полевых опытных работ по ПРС на Любанской залежи калийно-магниевых солей применялись лабораторные установки разной модификации, позволяющие определять недонасыщенность ТЖ по отдельным солям (натрия, калия, магния), исходя

из динамики растворения (массовой и линейной скоростей растворения) эталонных образцов солей: как монообразцов, так и фракций солей различной крупности, помещенных в перфорированные кассеты. Растворение осуществлялось:

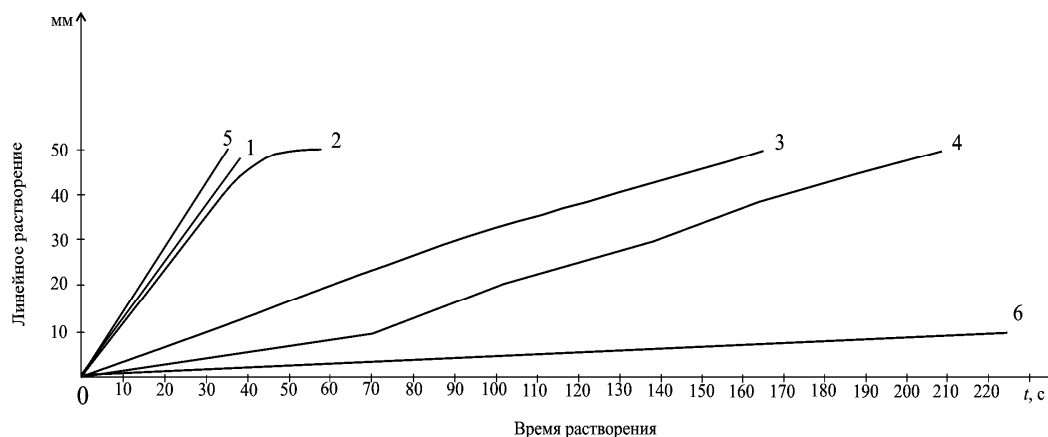
- в проточном режиме; в данном случае монообразцы устанавливались на подставке или подвешивались в корпусе прибора, а циркуляция растворителя (ТЖ) в корпусе создавалась пропеллерной мешалкой;

- в режиме вращения моно- или фракционированных образцов (в перфорированных кассетах с циркуляционными отверстиями).

В полевых условиях устройство для оценки растворяющей способности ТЖ в проточном режиме было еще более упрощено, что позволяло выполнять предварительные качественную и количественную экспресс-оценки ТЖ непосредственно на буровой. Устройство представляло из себя цилиндрическую кассету объемом до 5 см³, перфорированную в нижней части, в которую засыпалась порошковая соль (с крупностью частиц, превышающей размеры перфорационных отверстий), затем через кассету пропусклся фиксированный объем фильтрата ТЖ. Значения величины усадки слоя соли (линейной, объемной) по тарировочным графикам позволяли сразу в полевых условиях определять требуемый параметр $(C_H - C_x)$. На рисунке представлены типичные графики кинетики растворения солей в ТЖ различного состава (на примере сильвина), полученные на вышеуказанных лабораторных установках.

Применение кинетического метода оценки качества ТЖ существенно повысило оперативность технологического обеспечения работ по бурению и по последующей сбойке скважин для ПРС гидроразрывом. На стадии эксплуатации промысла применялись преимущественно более затратные и менее оперативные, но более точные физико-химические методы анализа ТЖ.

Впервые на территории бывшего СССР при вскрытии калийно-магниевых солей скважинами, проходимыми колонковым способом бурения с отбором керна диаметром 96–98 мм (по породоразрушающему инструменту) на Любанской залежи, достигнут линейный и массовый выход керна по полезному ископаемому (карналиту) более 97 %, а также осуществлена гидросбойка технологических скважин по подошве карналитового пласта с использованием в качестве жидкостей разрыва хлормagneвиевого и калиймагневиевого растворов с заданной растворяющей способностью.



Проточное растворение КСl (галургического): 2007 г.: 1 – в воде ($t = 15^{\circ}\text{C}$); 2 – КСl 17 г/100 мл (50 %-й р-р); 3 – КСl 24 г/100 мл (70 %-й р-р); 4 – фильтрат бурового раствора скважина 259а; 2009 г.: 5 – в воде ($t = 24^{\circ}\text{C}$); 6 – оборотный карналлит-бишофитовый раствор при ПРС ($t = 24^{\circ}\text{C}$)

Литература

1. Аренс В. Ж. Физико-химическая геотехнология: Учеб. пособие. М., 2001.
2. А. с. СССР № 927844 М. Кл. $^3\text{C } 09\text{K } 7/00$. опубл. 15.05.1982. Б.И. № 18. Способ предупреждения растворения горных пород минерализованной промывочной жидкостью.
3. Бабец М. А., Ильин В. П., Пинаев Г. Ф., Фурсиков Г. Л. и др. Перспективы промышленной добычи карналлита в Беларуси // Ресурс- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии. Материалы междунар. науч.-техн. конф. Минск, 2008. С. 165–170.
4. Бабец М. А. Новый метод контроля качества промывочной жидкости при бурении скважин в хемогенных отложениях // Пути повышения скоростей бурения геологоразведочных скважин в осложненных условиях. Минск, 1983. С. 144–146.
5. Здановский А. В. Галургия. Л., 1972.

Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт

М. А. Бабец, В. П. Ильин, Е. А. Масловская

ПРИМЕНЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА ПОЛЕВОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ РАСТВОРЯЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ НА ЛЮБАНСКОЙ ЗАЛЕЖИ КАРНАЛЛИТА

Описывается кинетический метод определения качественных характеристик технологических жидкостей, применявшихся при бурении поисково-оценочной скважины 259а и технологической скважины 259б на Любанской карналлитовой залежи, при их гидросбойке по подошве продуктивного пласта, опытно-промышленной отработке карналлита подземным растворением. Метод разработан на Государственном предприятии «БелНИГРИ» для оперативного полевого контроля качества технологических жидкостей при вскрытии соленосных отложений. Его применение явилось одним из факторов, обеспечивших безаварийную проводку скважин, высокое качество керна по полезному ископаемому, успешное проведение операции гидроразрыва карналлитового пласта.

М. А. Babets, V. P. Ilyin, E. A. Maslovskaya

THE KINETIC METHOD OF FIELD LABORATORY LIQUIDS SOLVENCY ESTIMATION OF PROCESS LIQUIDS AT LUBAN CARNALLITE DEPOSIT

The article describes a kinetic method for determining the quality characteristics of process liquids, used in drilling of search-estimated hole 259a and technological hole 259b at Luban carnallite deposit at their test-industrial carnallite processing of carnallite by underground dissolution. This method was developed in the State enterprise «BelNIGRI» for operative field check of process liquids quality during opening of salt carrying deposits. Application of the method was one of the factors contributing to the holes trouble-free wiring and high-quality core of minerals at Lubansk potassium and magnesium salts deposits.

УДК 636.087.7

**Г. В. Наумова, А. В. Кветковская, Н. Л. Макарова, Т. Ф. Овчинникова,
Н. А. Жмакова, В. Н. Заяц, М. А. Надаринская**

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ПРЕПАРАТЫ ИЗ МЕСТНОГО ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ И ИХ ИСПЫТАНИЯ В КАЧЕСТВЕ КОРМОВЫХ ДОБАВОК

Приведены результаты исследований биологически активных препаратов, разработанных в Институте природопользования НАН Беларуси на основе продуктов окислительно-гидролитической деструкции торфа (Гидрогумат, Оксигумат), ростков солода (Мальтамин) и дубового экстракта (Дублин) в качестве кормовых добавок к рационам поросят-отъемышей.

Исследования, проведенные в животноводстве и ветеринарии в последние годы, убедительно доказывают эффективность и перспективность использования биологически активных препаратов растительного происхождения, содержащих гуминовые вещества и меланоидины в качестве биологически активных кормовых добавок: иммуномодуляторов, регуляторов метаболизма, антиоксидантов, гепатопротекторов, адаптогенов. Эти препараты положительно воздействуют на обменные процессы в организме животных, корректируют последствия недостаточного и несбалансированного кормления, нарушения зооигиенических условий содержания, стрессовых явлений. Под их влиянием улучшается иммунный статус и общее состояние организма, повышается энергетический обмен, компенсаторные возможности внутренних органов, тканей и всего организма в целом [1, 2].

Так, богатый опыт применения гуминовых препаратов в животноводстве показал, что они способны повышать устойчивость организма к болезням и к неблагоприятным воздействиям внешней среды, т. е. проявляют свойства иммуномодуляторов и адаптогенов. Эти свойства гуматов в настоящее время имеют особую ценность, так как направленная селекция животных на повышение продуктивности снижает потенциал их жизнеспособности и возможности адаптации к условиям содержания. Добавка гуминовых препаратов к корму обеспечивает не только повышение среднесуточного прироста массы, но и более высокую сохранность животных, особенно молодняка.

В Институте природопользования НАН Беларуси в течение ряда лет разрабатывались биологически активные препараты ростстимулирующего действия на основе природного сырья для растениеводства. Значительный интерес представляло изучение эффективности их применения в качестве кормовых добавок для молодняка сельскохозяйственных животных. В этой связи совместно с РУП «Научно-практический

центр НАН Беларуси по животноводству» были проведены испытания отдельных препаратов в качестве биологически активных кормовых добавок для поросят-отъемышей.

Использовались следующие препараты: Мальтамин – из ростков солода, Гидрогумат, Оксигумат – из торфа и Дублин – из дубового экстракта.

Гидрогумат и Оксигумат, обогащенные гуминовыми кислотами, получали из тростниково-осокового торфа со степенью разложения 25–30 %, с содержанием гуминовых веществ 30,7 %, легкогидролизуемых – 31,0, трудногидролизуемых – 23,6 % и негидролизуемого остатка – 10,1 % органической массы. Зольность торфа составляла 8,0 % сухого вещества.

При наработке Гидрогумата гидролиз торфа проводили на опытном реакторе в две стадии: в кислой (серная кислота) и щелочной (едкий натр) средах при повышенной температуре и избыточном давлении, с последующим удалением твердого остатка путем центрифугирования.

Оксигумат получали окислением торфа в реакторе пероксидом водорода в щелочной среде в присутствии катализатора, при избыточном давлении и повышенной температуре.

Сырьем для препарата Мальтамин служили меланоидированные ростки солода (отход пивоваренного производства), характеризующиеся значительным содержанием меланоидинов, аминокислот и пектинов. Ростки солода гидролизовали в автоклаве в присутствии разбавленного раствора серной кислоты при температуре кипения, затем подщелачивали и выдерживали в течение 1 ч и разделяли на жидкую фазу – Мальтамин и твердый остаток.

Препарат Дублин получали путем обработки сухого порошка дубового экстракта в водно-щелочной среде при нагревании с последующим отделением нерастворившейся части.

Физико-химическая характеристика полученных препаратов, их химический состав представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Физико-химическая характеристика препаратов из торфа и растительного сырья

Препарат	Содержание, % в растворе		Плотность, г/см ³	Вязкость мПа·с	pH
	органических веществ	минеральных веществ			
Гидрогумат	5,3	4,4	1,03	13	12,0
Оксигумат	4,2	2,8	1,02	12	11,0
Мальтамин	4,8	4,0	1,01	14	11,5
Дублин	10,0	0,4	1,04	15	10,2

Таблица 2. Химическая характеристика исследуемых препаратов

Компонент	Дублин	Гидрогумат	Оксигумат	Мальтамин
	Содержание компонентов, % в препарате			
Органические вещества	10,0	5,3	4,20	4,8
Гуминовые кислоты	—	3,6	2,00	—
Таниды	5,1	—	—	—
Меланоидины	0,5	—	—	3,5
Свободные фенольные соединения	2,9	0,15	0,21	0,12
Фенолкарбоновые кислоты	0,4	0,08	0,12	0,01
Карбоновые кислоты	0,1	0,16	0,75	0,11
Пектины	0,5	—	0,18	0,52
Аминокислоты	—	0,16	—	0,11

Как видно из полученных данных, комплекс биологически активных веществ Гидрогумата представлен в основном гуминовыми кислотами, низкомолекулярными карбоновыми кислотами, аминокислотами. Это подвижная жидкость коричневого цвета с выраженным запахом щелочи, плотностью – 1,03 г/см³, вязкостью – 13 мПа·с, pH 12,0. Препарат содержит 5,3 % действующих веществ и 4,4 % минеральных примесей.

Оксигумат содержит целый спектр биологически активных соединений, представленных гуминовыми, карбоновыми кислотами, пектинами, свободными фенольными соединениями и др. Препарат представляет собой жидкость темно-коричневого цвета с запахом щелочи, pH = 11,0, плотностью 1,02 г/см³, вязкостью 12 мПа·с. Препарат содержит 5,1 % органических веществ и 2,8 % минеральных примесей.

Основным действующим веществом Мальтамина являются меланоидины, пектины, аминокислоты и карбоновые кислоты. Препарат представляет собой жидкость желто-коричневого цвета, с pH = 11,5, истинный раствор с вязкостью 14 мПа·с, плотностью 1,01 г/см³. Он содержит 4,8 % действующих веществ и 4,0 % минеральных примесей.

Дублин содержит таниды, фенольные соединения и галловую кислоту. В нем присутствует 10 % органических веществ и 0,4 % минеральных. pH препарата = 10,2; вязкость – 15 мПа·с, плотность – 1,04 г/см³.

Анализ приведенных данных показывает, что препараты, полученные методом гидролиза,

содержат незначительные количества редуцирующих веществ (РВ), а в Оксигумате они отсутствуют. Характерно, что торфяные препараты практически на 50 % представлены гуминовыми веществами, а растительные – в основном меланоидинами (72,9 %). По содержанию фенольных соединений препараты существенно отличаются, что может сказаться на их антиоксидантной активности. В гидролизате дубового экстракта установлено присутствие 5,1 % танидов, что составляет 51,0 % органической массы.

Исследован уровень антиоксидантной активности данных препаратов по методике Beauchamp C.O., Fridovich I. [3], для чего определяли содержание в них биологически активных веществ восстанавливающего характера, сравнивая эти показатели с их содержанием в известном природном антиоксиданте кверцетине. Результаты определения антиоксидантной активности биологически активных препаратов представлены в табл. 3.

Установлено, что исследуемые препараты существенно отличались по уровню антиоксидантной активности. Как и следовало ожидать, сравнительно высокой активностью (20,2–21,4 мг кверцетина на 1 мл) обладали гуминовые препараты, содержащие значительные количества гуминовых веществ. Таким же уровнем активности характеризовался препарат Дублин, богатый полифенолами. Наиболее низкой активностью обладал препарат меланоидиновой природы Мальтамин.

Таблица 3. Антиоксидантная активность биологически активных препаратов, полученных из торфа и растительного сырья

Образец	Разведение	Антиоксидантная активность		
		%	мг кверцетина /мл	средняя, мг кверцетина /мл
Кверцетин	1:1000	22,30	1,0	1,0
Гидрогумат	1:250	83,36	22,2	21,3
	1:250	81,46	20,3	
Оксигумат	1:250	80,72	20,1	20,3
	1:250	81,15	20,4	
Мальтамин	1:25	64,5	5,6	5,7
	1:25	64,19	5,8	
Дублин	1:500	67,33	20,5	21,1
	1:500	68,75	21,6	

Следовательно, оценка антиоксидантных свойств препаратов, получаемых на основе растительного сырья и торфа, показала, что они обладают повышенной активностью в сравнении с известными антиоксидантами, такими, как кверцетин.

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству» полученные препараты испытывались в качестве биологически активных кормовых добавок для молодняка в свиноводстве. Для этого провели научно-хозяйственный опыт на племях РУСП «Заречье» с использованием поросят-отъемышей белорусской мясной породы. Было сформировано 5 групп животных 60-дневного возраста, аналогичных по происхождению, живой массе, полу, возрасту. Количество поросят в каждой группе составляло 10 голов, продолжительность опыта – 60 дней. I группа животных получала основной рацион и служила контролем, II – получала с основным рационом биологически активный препарат Дублин, III – Оксигумат, IV – Гидрогумат, V группа Мальтамин в дозе 0,5 мл в сутки на 1 кг живой массы. В опытах оценивалось влияние препаратов на продуктивность молодых животных, для чего проводился учет динамики живой массы путем их индивидуального взвешивания при постановке на опыт и далее 1 раз в месяц, и резистентность организма по данным определения морфологического и биохимического состава крови у 5 поросят из каждой группы общепринятыми в биохимии методами.

Результаты испытаний свидетельствуют о положительном влиянии препаратов на рост и развитие животных. Согласно данным по динамике живой массы и среднесуточных приростов двух-четырехмесячных поросят, которые приведены в табл. 4, при введении в рацион животных исследуемых биологически активных препаратов

наблюдалась тенденция к более интенсивному росту их массы.

Так, у поросят, потреблявших в качестве добавки к комбикорму Гидрогумат и Мальтамин (IV и V группы), среднесуточные привесы за первый месяц опыта составили 570 и 578 г, что на 37 и 45 г выше аналогичного показателя в контрольной группе. В двух других опытных группах (II и III), где в качестве добавки использовали Дублин и Оксигумат, за первый месяц откорма произошло снижение среднесуточных приростов по сравнению с контролем. По-видимому, это объясняется тем, что приучение к данным добавкам животных было более длительным. Они проявляли осторожность, особенно в первые дни опыта, и менее охотно поедали корм из-за его вкусовых качеств. Однако случаев отказа от корма, заболеваний и отравлений не наблюдалось.

За второй месяц откорма среднесуточные привесы во II и III группах значительно возросли (на 53,5–56,5 %) по сравнению с предыдущим месяцем. В контрольной группе, а также в IV и V опытных группах увеличение приростов было несколько меньше: 6,7 %; 14,7 и 23,9 % соответственно.

Результаты откорма в течение 2 месяцев свидетельствуют, что наибольший прирост живой массы одной головы наблюдался в V опытной группе и составил 38,0 кг (среднесуточный прирост – 666 г) при достоверной разнице значений ($p < 0,01$) в сравнении с контролем, а также в IV группе, где он составил 37 кг при среднесуточном приросте 617 г. В первых трех группах не было выявлено достоверных различий по приросту живой массы и среднесуточным привесам.

Таким образом, наиболее эффективными добавками, повлиявшими на увеличение динамики роста, оказались Мальтамин и Гидрогумат.

Изучение гематологических параметров у подопытных животных показало, что скормливаемые пороссятам исследуемые биологически активные препараты не повлияли отрицательно на состав крови (табл. 5).

Морфологические и биохимические показатели крови подопытных пороссят находились в пределах физиологических норм. Отмечена тенденция к повышению содержания эритроцитов и глюкозы у животных, получавших препараты, в

среднем соответственно на 15,6—20,3 % и 16,7—20,8 %.

О влиянии исследуемых биологически активных препаратов на резистентность организма опытных животных судили по гуморальным показателям крови на фоне контрольной группы. В периферической крови пороссят исследовали бактерицидную активность сыворотки, а также антителообразующую способность (табл. 6).

Таблица 4. Динамика живой массы и среднесуточного прироста пороссят

№ группы, состав рациона	Живая масса, кг			Среднесуточный прирост, г		
	2-й месяц	3-й месяц	4-й месяц	2–3-го месяца	3–4-го месяца	в среднем за опыт
I Комбикорм СК-26 (контроль)	24,6 ± 0,81	39,0 ± 1,63	57,5 ± 2,18	533 ± 50,5	569 ± 24,8	553 ± 28,7
II Комбикорм СК-26 + дублин	24,7 ± 0,81	36,2 ± 1,82	27,8 ± 2,45	426 ± 40,3	654 ± 38,5	551 ± 31,8
III Комбикорм СК-26+Оксигумат	24,3 ± 0,82	35,6 ± 1,09	57,2 ± 1,55	418 ± 31,0	654 ± 30,2*	549 ± 22,7
IV Комбикорм СК-26 + Гидрогумат	26,9 ± 1,00	42,3 ± 1,21	63,9 ± 2,70	570 ± 40,4	664 ± 46,0	617 ± 31,9
V Комбикорм СК-26 + Мальтамин	25,7 ± 1,18	40,4 ± 1,91	63,7 ± 1,18	578 ± 33,6**	716 ± 49,6**	666 ± 22,7**

Примечание: Разница достоверна при * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ в сравнении с контрольной группой.

Таблица 5. Морфобиохимические показатели крови подопытных пороссят

Показатель	Группа				
	I	II	III	IV	V
Эритроциты, млн/мм ³	5,36 ± 0,88	6,4 ± 0,78	6,2 ± 0,58	6,7 ± 0,92	6,7 ± 0,58
Гемоглобин, г %	10,90 ± 1,45	9,35 ± 1,54	7,62 ± 1,18	8,23 ± 1,65	9,50 ± 1,71
Общий белок, г %	47,90 ± 5,0	41,90 ± 5,0	57,90 ± 6,7	55,90 ± 3,3	57,40 ± 8,0
Глюкоза мг %	21,60 ± 3,30	26,40 ± 3,33	19,20 ± 2,67	39,20 ± 6,30	17,20 ± 2,33
Мочевина, мг %	8,39 ± 0,28	8,17 ± 0,30	7,36 ± 0,42	7,94 ± 0,18	8,03 ± 0,13
Кальций, мг %	10,32 ± 0,10	10,32 ± 0,19	10,44 ± 0,07	10,64 ± 0,07	10,08 ± 0,05
Фосфор, мг %	4,90 ± 0,56	4,20 ± 0,30	5,60 ± 0,67	4,40 ± 0,13	4,40 ± 0,23

Таблица 6. Показатели гуморальной защиты организма подопытных животных

Показатель	Группа				
	I	II	III	IV	V
Бактерицидная активность сыворотки крови	В возрасте 2 месяцев				
	75,4 ± 1,93	80,8 ± 0,57	73,8 ± 2,92	65,1 ± 3,60	70,7 ± 2,95
	В возрасте 4 месяцев				
	51,8 ± 1,08	54,0 ± 1,25	51,8 ± 0,78	51,9 ± 1,67	54,1 ± 0,37
Титр нормальных агглютининов	В возрасте 2 месяцев				
	1:48 ± 1,67	1:42 ± 1,67	1:46 ± 1,67	1:35 ± 4,16	1:48 ± 1,67
	В возрасте 4 месяцев				
	1:21 ± 0,83	1:20 ± 0,0	1:28 ± 2,5	1:24 ± 3,33	1:22 ± 0,83

Исследование гуморальных факторов защиты организма показало, что при постановке на опыт в двухмесячном возрасте высоким бактерицидным эффектом обладала сыворотка крови поросят II (80,8 %) опытной группы, на низком уровне был этот показатель у IV (65,1 %) группы. К четырехмесячному возрасту произошло закономерное снижение бактерицидной активности сыворотки крови у всех подопытных поросят. Однако следует отметить, что данный показатель к концу опыта снизился на меньшую величину по сравнению с исходными цифрами, особенно во II и V группах.

Накопление нормальных агглютининов более интенсивно шло у поросят III и V групп. У них

титр антител к концу опыта составлял соответственно 1:28; 1:24, у животных II опытной и I контрольной групп антителообразующая способность была несколько слабее и равнялась соответственно 1:20 и 1:21.

Таким образом, выявлено положительное влияние гумат- танид- и меланоидиносодержащих препаратов на гуморальные факторы и продуктивность сельскохозяйственных животных (поросят-отъемышей) на ранней стадии их выращивания. Это свидетельствует об иммуностимулирующих свойствах препаратов. Представляется целесообразным испытать данные препараты на других видах сельскохозяйственных животных.

Л и т е р а т у р а

1. Держач В. А. Использование биологически активных препаратов для иммунокоррекции организма телят // Зоотехническая наука Беларуси. Сб. науч. тр. Минск, 2003. Т. 38. С. 325–328.
2. Степченко Л. М. Иммуномодулирующее действие препаратов из торфа // Органическое вещество торфа: Тез докл. Междунар. симп. Минск, 1995. С. 62.
3. Beauchamp C. O., Fridovich I. Superoide dismutase: Improved assays and an assays applicable to acrylamide gels // Anal. Biochem. 2000. Vol. 44. P. 276–287.

**Институт природопользования НАН Беларуси,
Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству**

**Г. В. Наумова, А. В. Кветковская, Н. Л. Макарова,
Т. Ф. Овчинникова, Н. А. Жмакова, В. Н. Заяц, М. А. Надаринская**

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ПРЕПАРАТЫ ИЗ МЕСТНОГО ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ И ИХ ИСПЫТАНИЯ В КАЧЕСТВЕ КОРМОВЫХ ДОБАВОК

Институтом природопользования НАН Беларуси в последние годы разработаны биологически активные препараты для растениеводства на основе природного сырья: Гидрогумат и Оксигумат (из торфа), Мальтамин (из ростков солода) и Дублин (из дубового экстракта). Каждый из этих препаратов содержит комплекс биологически активных веществ, представленных гуминовыми кислотами (Гидрогумат и Оксигумат), меланоидинами (Мальтамин и Дублин), низкомолекулярными карбоновыми кислотами, аминокислотами, свободными фенольными соединениями, пектинами и др. Известно, что эти соединения положительно воздействуют и на обменные процессы в организме животных, улучшают иммунный статус, корректируют последствия неблагоприятных условий содержания, стрессовых явлений. Представлялось целесообразным испытать эти препараты в качестве биологически активных кормовых добавок в животноводстве. Совместно с РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству» на племферме РУСП «Заречье» проведен научно-хозяйственный опыт с использованием поросят-отъемышей белорусской мясной породы, в котором оценивалось влияние этих препаратов на продуктивность и резистентность организма молодых животных. Установлено, что наиболее эффективно влияют на увеличение динамики роста препараты Мальтамин и Гидрогумат. Прирост живой массы одной головы в опытной группе, получавшей в течение 2 месяцев вместе с основным рационом Мальтамин, составил 38,0 кг (среднесуточный прирост – 666 г) при достоверной разнице значений ($p < 0,01$) в сравнении с контролем, в группе, получавшей Гидрогумат, – 37 кг при среднесуточном приросте 617 г.

Изучение гематологических данных у подопытных животных показало, что скармливание поросятам исследуемых биологически активных препаратов не оказало отрицательного влияния

на морфологические и биохимические показатели крови подопытных поросят находились в пределах физиологических норм.

Исследование гуморальных факторов защиты организма показало, что наиболее высоким бактерицидным эффектом обладала сыворотка крови поросят, получавших с кормом Дублин, а на самом низком уровне такой показатель был у группы, получавшей Гидрогумат, при этом анти-теплообразующая способность сыворотки крови была максимальной у поросят III (Оксигумат) и V (Мальтамин) групп.

Таким образом, выявлено положительное влияние гумат-, танид- и меланоидиносодержащих препаратов на резистентность и продуктивность сельскохозяйственных животных (поросят-отъемышей) на ранней стадии их выращивания.

**G. V. Naumova, A. V. Kvetkovskaya, N. P. Makarova,
T. F. Ovchinnikova, N. A. Zhmakova, V. N. Zayats, M. A. Nadarinskaya**

BIOLOGICALLY ACTIVE PREPARATIONS FROM THE LOCAL NATURAL RAW MATERIALS AND THEIR TEST AS FODDER ADDITIVES

The Institute for Nature Management NAS Belarus developed biologically active preparations for plant growing on the basis of natural raw materials: Hydrohumat and Oxihumat (from peat), Maltamin (from malt sprouts) and Dublin (from an oak extract). Each of these preparations contains a complex of biologically active substances presented by humic acids (Hydrohumat and Oxihumat), melanoidines (Maltamin and Dublin), low-molecular carbonic acids, amino acids, free phenolic connections, pectins, etc. It is known, that these connections also positively influence exchange processes in an organism of animals, improve the immune status, correct consequences of adverse conditions of the maintenance, the stressful phenomena. It was expedient to test these preparations as biologically active fodder additives in animal industries. Together with RUE «Scientific-practical centre NAN of Belarus on animal industries» at the farm RUE «Zarechye» a scientific-economic test with use of young pigs of Belarus meat breed was carried out in which influence of these preparations on efficiency and resistance of an organism of young animals was estimated. It has been established, that preparations Maltamin and Hydrohumat most effectively influence increase in dynamics of growth. The gain of live weight of one head in the tested group receiving within 2 months together with basic diet Maltamin, has made 38,0 kg (a daily average gain – 666 gr.) at an authentic difference of values ($p < 0,01$) in comparison with the control, in the group receiving Hydrohumat, – 37 kg at a daily average gain of 617 gr.

Studying hematological data with experimental animals has shown that feeding pigs with investigated biologically active preparations has not rendered negative influence on morphological and biochemical indicators of blood of experimental pigs and were in limits of physiological norms.

Research of humoral factors of protection of an organism has shown, that the highest bactericidal effect had whey of blood of the pigs receiving with a forage Dublin, and at the lowest level such indicator has the group receiving Hydrohumat, thus anti-body forming ability of whey of blood was maximum for pigs of III (Oxihumat) and V (Maltamin) groups.

Thus, a positive influence of humat – tanid – and melanoidin – containing preparations on the resistance and productivity of agricultural animals (pigs without mother) at an early stage of their breeding has been revealed.

Г. А. Соколов, М. В. Рак, Н. С. Гаврильчик, И. В. Симакина

АГРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ЖИДКИМИ МИКРОЭЛЕМЕНТНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ С ГУМИНОВЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ «ЭлеГум»

Приведены результаты испытаний нового вида жидких микроудобрений с гуминовыми веществами «ЭлеГум», одновременно сочетающих функции как биологически активного стимулятора роста и развития растений, так и микроэлементных удобрений (В, Cu, Zn, Mn), что повышает эффективность их использования, снижает количество некорневых обработок полевых и овощных культур. Применение удобрений в некорневых подкормках кукурузы повышает урожайность зерна на 10–21, зеленой массы на 27–85 ц/га, способствует повышению урожайности корнеплодов сахарной свеклы в среднем на 36–53 ц/га. Рассчитаны показатели энергетической эффективности использования одного из видов новых удобрений «ЭлеГум-Медь».

Одним из наиболее распространенных и экономически обоснованных способов использования микроудобрений в настоящее время в большинстве стран мира являются некорневые подкормки вегетирующих сельскохозяйственных культур, что существенно экономит дорогостоящие препараты микроэлементов.

Важным агротехническим и экологически нейтральным приемом в практике растениеводства является использование ростостимуляторов, главным образом, гуминовой природы, которые влияют на жизненные процессы в растениях, но не являются источниками питания [9].

Потребность республики в микроудобрениях под основные сельскохозяйственные культуры очень высокая. В настоящее время микроудобрения используются только на 30–40 % от их потребности. Фактический экономический эффект от применения микроудобрений на фоне использования других средств химизации окупает все затраты в 2–3 и более раз. Окупаемость затрат на применение микроэлементов возрастает при включении их в составы комплексных гуминовых микроудобрений и по мере снижения кислотности почвы [2, 5–7].

По данным Института почвоведения и агрохимии при известковании кислых почв, что является обязательным для РБ, поступление марганца в растения снижается в 5 раз, меди и цинка – на 60 %, бора – на 40 %. Применение повышенных доз азотных удобрений снижает доступность растениям меди и молибдена, фосфорных – цинка, калийных хлорсодержащих – бора.

Подавляющая доля площади пашни в республике характеризуется недостаточным для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур, включая овощные, содержанием основных микроэлементов.

Применение составов, включающих одновременно с микроэлементами биологически ак-

тивные гуминовые соединения, представляется наиболее эффективным полифункциональным средством повышения урожайности и качества растениеводческой продукции. В качестве биостимулятора выбраны 2 гуминовых препарата (ГП), выделенных из торфа в процессе его глубокой технологической переработки.

Цель исследований – разработать составы и рецептуры новых жидких гуминовых удобрений с содержанием в 1 л раствора 10 г гуминовых веществ (ГВ) и от 50 до 100–150 г каждого микроэлемента.

Выполнен специальный подбор торфа определенного ботанического состава и степени разложения органического вещества, сделано обоснование его общетехнических и физико-химических характеристик, выделены ГП с использованием разных экстрагентов и условий обработки торфа. Создана серия составов с бором, медью, цинком и марганцем [6], организовано производство удобрений в ПРУП «Зеленоборское» Смолевичского района. Удобрения включены в Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь.

Основная трудность при разработке модельных составов – высокая коагулирующая способность микроэлементов (особенно ионов меди), по отношению к ГП. Поэтому главные требования, предъявляемые к ГП, – хорошая растворимость в водных растворах при pH 5 и выше; совместимость с ионами микроэлементов; стабильность компонентов в растворенном состоянии в течение длительного времени. Немаловажным в агротехнологическом смысле являлось также обеспечение стабильности рабочих растворов металлосодержащих ГП при их разбавлении водой различной жесткости в 200 раз.

Определение эффективности жидких удобрений «ЭлеГум» в некорневых подкормках сельскохозяйственных культур проведено в

2006–2008 гг. в полевых и производственных опытах на дерново-подзолистой супесчаной и суглинистой почвах.

В двухлетних полевых опытах 2007–2008 гг. с сахарной свеклой гибрида «Винцент» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (СПК «Городея» Несвижского района Минской области) проверена эффективность использования ГП в качестве биостимулятора и составов жидких удобрений «ЭлеГум» с содержанием в них микроэлементов: «ЭлеГум-Бор» (В – 10, 20, 30 %), «ЭлеГум-Марганец» (Мн – 5 %), «ЭлеГум-Медь» (Cu – 5 и 10 %).

Эффективность жидких микроэлементных удобрений с гуминовыми веществами проверена на фоне минеральных удобрений $N_{150}P_{104}K_{180}$ в 2007 г. и в 2008 г. – $N_{135}P_{66}K_{150}$. Органическое удобрение – подстилочный навоз – вносили в 2007 г. в дозе 53 т/га, в 2008 г. – 70 т/га (фосфорные и калийные удобрения – осенью, азотные – весной). Сроки посева: 15.04.2007 г. и 28.04.2008 г., норма посева – 1,3 посевные единицы рядовым способом с междурядьем 45 см. Предшественник – озимое тритикале. Площадь опытной делянки 30 м², повторность – 4-кратная.

Агрохимическая характеристика почвы в 2007 г.: pH_{KCl} – 6,23, содержание гумуса – 1,76 %, P_2O_5 – 204, K_2O – 329, Cu – 1,24, Zn – 1,53, Mn – 232, В – 0,7 мг/кг; в 2008 г.: pH_{KCl} – 5,61, содержание гумуса – 2,57 %, P_2O_5 – 253, K_2O – 285, Cu – 1,80, Zn – 2,50, Mn – 242, В – 1,0 мг/кг.

Некорневые подкормки проводили с помощью ранцевого опрыскивателя с нормой расхода удобрений: «ЭлеГум-Бор» – 0,7; 1,3; 2,0 л/га; «ЭлеГум-Марганец» – 1,0; 2,0 л/га; «ЭлеГум-Медь» – 1,0; 2,0 л/га. Расход рабочего раствора – 200 л/га, сроки внесения 06.06.2007 г., 16.07.2007 г., 19.06.2008 г., 21.07.2008 г. в фазе 10–12 листьев и через месяц после первой подкормки.

Параллельно, в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на водно-ледниковой супеси, подстилаемой с глубины 0,8 м моренным суглинком, сменяемым с 1,6 м песком, проведены полевые опыты с озимой пшеницей «Кубус», гибридом кукурузы «Дельфин» (ФАО 180), пивоваренным ячменем «Сильфид» и льном масличным «Сонечны».

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы: pH в KCl – 5,7–6,4; содержание гумуса – 2,5–2,7 %; P_2O_5 и K_2O в 0,2 н HCl – 210–230 и 200–245 мг/кг почвы; подвижной формы Cu – 1,6–1,9 мг/кг; подвижного Zn – 2,2–3,2; обменного Mn – 0,8–1,7; водорастворимого бора – 0,32–0,50 мг/кг почвы. Предшественник озимой пшеницы – картофель, кукурузы – люпин узколистный, ячме-

ня – кукуруза, льна масличного – озимая пшеница.

Расчет доз минеральных удобрений проведен на планируемую урожайность зерна озимой пшеницы 70 ц/га, зерна кукурузы – 120, зерна ячменя – 70, корнеплодов сахарной свеклы – 500, семян льна масличного – 20, льноволокна – 15 ц/га.

Технология возделывания культур – общепринятая для республики. В процессе вегетации культур проводился уход за посевами, применялись средства защиты растений.

Зерновые культуры. В полевом опыте с озимой пшеницей сорта «Кубус» установлены наиболее эффективные сроки некорневой подкормки посевов удобрениями «ЭлеГум-Медь», «ЭлеГум-Марганец» и «ЭлеГум-Медь, Марганец» (табл. 1). Как видно из результатов исследований, прибавки урожая зерна пшеницы наиболее значимы при внесении удобрений в некорневую подкормку растений в период кущения – начало выхода в трубку. При этом прибавки зерна от внесения данных удобрений в фазе кущения составили 5,6–8,8 ц/га, а в фазе выхода в трубку – 4,5–7,9 ц/га.

Важнейшие показатели качества зерна озимой пшеницы – содержание белка и клейковины. Некорневые подкормки посевов пшеницы удобрениями «ЭлеГум» способствовали повышению их содержания. В среднем содержание белка по вариантам опыта при внесении удобрений в начале колошения увеличивалось на 0,5–0,8 %, клейковины – на 2,4–4,2 %.

Показатель сбора белка с урожаем зерна свидетельствует о комплексном влиянии новых удобрений на увеличение урожайности и содержание белка в зерне. Прибавки сбора белка по вариантам составляли 0,7–1,3 ц/га (табл. 2).

В полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве с ячменем сорта «Сильфид» изучена эффективность удобрений «ЭлеГум-Медь» и «ЭлеГум-Марганец» в некорневую подкормку посевов в фазу первого узла. Установлено, что при возделывании ячменя на различных уровнях минерального питания внесение этих удобрений в дозах по 0,5 л/га в некорневую подкормку обеспечивает повышение урожайности зерна на 5,0–8,1 ц/га (табл. 3).

Сахарная свекла. На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в полевом опыте с сахарной свеклой изучена эффективность доз и сочетаний удобрений «ЭлеГум-Бор», «ЭлеГум-Марганец» и «ЭлеГум-Медь» при двукратном внесении в некорневые подкормки растений (первая – в фазу 10–12 листьев, вторая – через 30 дней после первой) (табл. 4).

Таблица 1. Урожайность зерна озимой пшеницы при различных сроках некорневых подкормок посевов микроудобрениями «ЭлеГум» (средняя за 2006–2007 гг.), ц/га

Вариант	Сроки некорневых подкормок					
	Кущение		Выход в трубку		Начало колошения	
	Урожайность	Прибавка	Урожайность	Прибавка	Урожайность	Прибавка
N ₁₅₀ P ₇₀ K ₁₄₀ – фон	59,0	–	59,0	–	59,0	–
Фон + «ЭлеГум-Медь» – 1,0 л/га	64,6	5,6	64,2	5,2	60,0	1,0
Фон + «ЭлеГум-Марганец» – 1,0 л/га	65,6	6,6	63,5	4,5	60,7	1,7
Фон + «ЭлеГум-Медь» – 1,0 л/га + + «ЭлеГум-Марганец» – 1,0 л/га	67,8	8,8	66,9	7,9	61,4	2,4
НСР ₀₅	3,1					

Таблица 2. Сбор белка с урожаем зерна пшеницы в зависимости от сроков некорневой подкормки микроудобрениями «ЭлеГум», ц/га

Вариант	Сроки некорневых подкормок					
	Кущение		Трубкавание		Начало колошения	
	Белок	Прибавка	Белок	Прибавка	Белок	Прибавка
N ₁₅₀ P ₇₀ K ₁₄₀ – фон	6,6	–	6,6	–	6,6	–
Фон + «ЭлеГум-Медь» – 1,0 л/га	7,4	0,8	7,4	0,8	7,1	0,5
Фон + «ЭлеГум-Марганец» – 1,0 л/га	7,7	1,1	7,3	0,7	7,2	0,6
Фон + «ЭлеГум-Медь» – 1,0 л/га + + «ЭлеГум-Марганец» – 1,0 л/га	7,9	1,3	7,8	1,2	7,4	0,8
НСР ₀₅	0,7					

Таблица 3. Влияние микроудобрений «ЭлеГум» на урожайность зерна ячменя при возделывании на различных уровнях минерального питания, ц/га

Вариант	N ₆₀ P ₉₀ K ₁₅₀ – фон 1		N ₉₀ P ₁₀₅ K ₁₈₀ – фон 2	
	Урожайность	Прибавка	Урожайность	Прибавка
Фон	71,7	–	77,4	–
Фон + «ЭлеГум-Медь» – 0,5 л/га + + «ЭлеГум-Марганец» – 0,5 л/га	79,8	8,1	82,4	5,0

Таблица 4. Влияние удобрений «ЭлеГум» на урожайность сахарной свеклы, ц/га

Вариант	Урожайность,			Прибавки по фону		
	2007 г.	2008 г.	Средняя	2007 г.	2008 г.	Средняя
Навоз + NPK – фон	453	615	534	–	–	–
Фон + «ЭлеГум-Бор» 100 г/га д. в.	491	664	578	38	49	44
То же 200 г/га д. в.	500	589	545	47	–	47
« 300 г/га д. в.	506	606	556	53	–	53
« 100 г/га д. в. + «ЭлеГум-Марганец» 50 г/га д. в.	513	637	575	60	22	41
« 200 г/га д. в. + «ЭлеГум-Марганец» 100 г/га д. в.	519	634	577	66	19	43
« 100 г/га д. в. + «ЭлеГум-Медь» 50 г/га д. в.	491	648	570	38	33	36
« 200 г/га д. в. + «ЭлеГум-Медь» 100 г/га д. в.	502	668	585	49	53	51
НСР ₀₅	29	31	27			

Исследования с удобрениями «ЭлеГум» в 2007 г. проведены на фоне 53 т/га навоза и $N_{150}P_{100}K_{180}$ кг/га, а в 2008 г. – на фоне 70 т/га навоза и $N_{135}P_{66}K_{150}$ кг/га. Результаты двухлетних исследований показали, что некорневые подкормки посевов сахарной свеклы удобрениями «ЭлеГум-Бор», «ЭлеГум-Марганец», «ЭлеГум-Медь» способствовали повышению урожайности корнеплодов. В фоновом варианте в среднем за два года она составила 534 ц/га. Двукратная некорневая подкормка сахарной свеклы удобрениями «ЭлеГум» в среднем за 2 года обеспечила прибавку урожайности в размере 36–53 ц/га.

В среднем за два года выход сахара в вариантах с удобрениями «ЭлеГум» был на 3,8–10,5 ц/га выше в сравнении с фоновым вариантом (табл. 5).

Кукуруза. Результаты исследований показали, что некорневые подкормки кукурузы удобрениями «ЭлеГум-Цинк», «ЭлеГум-Медь», «ЭлеГум-Марганец» способствовали повышению урожайности зеленой массы и зерна.

В фоновом варианте урожайность зеленой массы и зерна кукурузы в среднем за два года составила 565,0 и 99,8 ц/га соответственно. При

применении исследуемых удобрений урожайность зеленой массы увеличилась на 25–85 ц/га (табл. 6), а зерна – на 10,0–20,6 ц/га (табл. 7). При применении удобрений «ЭлеГум-Цинк», «ЭлеГум-Медь», «ЭлеГум-Марганец» при возделывании кукурузы содержание нитратов в зеленой массе не превышало установленной предельно допустимой концентрации (500 мг/кг).

Внесение удобрений «ЭлеГум-Цинк», «ЭлеГум-Медь», «ЭлеГум-Марганец» в некорневые подкормки посевов кукурузы обеспечивало содержание микроэлементов (мг/кг) в зеленой массе и зерне на уровне: Cu – 2,8–4,1 и 1,3–1,5; Zn – 13,0–15,3 и 14,2–16,7; Mn – 23,0–28,1 и 2,1–4,0 соответственно.

Вышеизложенные результаты исследований показывают высокую агрономическую эффективность новых удобрений. Однако при анализе использования удобрений наряду с показателями их оплаты прибавкой урожая важно знать, окупает ли полученная прибавка затраты на производство и применение самих удобрений, т. е. провести энергетический анализ [3], например медно-гуминового удобрения марки «ЭлеГум-Медь».

Таблица 5. Влияние удобрений «ЭлеГум» на качество корнеплодов сахарной свеклы

Вариант	Технологические свойства корнеплодов, содержание				Выход сахара, ц/га
	сахара, %	K	Na	α-N	
		м-моль/100 г			
2007 г.					
Навоз 53 т/га + NPK – фон	20,8	5,08	0,11	2,67	83,8
Фон + «ЭлеГум-Бор» 100 г/га д. в.	22,2	6,06	0,17	5,07	94,3
То же 200 г/га д. в	20,9	4,98	0,13	2,89	92,5
« 300 г/га д. в.	21,2	5,56	0,11	2,98	94,6
« 100 г/га д. в. + ЭлеГум-Марганец 50 г/га д. в.	20,4	5,00	0,10	2,44	93,4
« 200 г/га д. в. + ЭлеГум-Марганец 100 г/га д. в.	21,7	4,89	0,10	3,02	100,2
« 100 г/га д. в. + ЭлеГум-Медь 50 г/га д. в.	21,2	5,83	0,13	3,03	91,3
« 200 г/га д. в. + ЭлеГум-Медь 100 г/га д. в.	21,1	5,43	0,12	3,10	93,4
2008 г.					
Навоз 70 т/га + NPK – фон	17,3	4,12	0,09	1,63	97,8
Фон + ЭлеГум-Бор 100 г/га д. в.	17,9	4,71	0,07	2,36	108,2
То же 200 г/га д. в	17,0	4,69	0,10	2,18	90,7
« 300 г/га д. в.	17,4	4,99	0,11	2,62	94,5
« 100 г/га д. в. + ЭлеГум-Марганец 50 г/га д. в.	16,5	4,91	0,12	1,70	95,6
« 200 г/га д. в. + ЭлеГум-Марганец 100 г/га д. в.	17,0	5,23	0,12	2,00	97,6
« 100 г/га д. в. + ЭлеГум-Медь 50 г/га д. в.	16,8	4,96	0,11	2,15	98,5
« 200 г/га д. в. + ЭлеГум-Медь 100 г/га д. в.	16,6	5,51	0,12	2,33	97,7
Среднее за 2007–2008 гг.					
Навоз + NPK – фон	19,1	4,60	0,10	2,15	90,8
Фон + ЭлеГум-Бор 100 г/га д. в.	20,1	5,39	0,12	3,72	101,3
То же 200 г/га д. в	18,9	4,84	0,12	2,54	91,6
« 300 г/га д. в.	19,3	5,28	0,11	2,80	94,6
« 100 г/га д. в. + ЭлеГум-Марганец 50 г/га д. в.	18,5	4,96	0,11	2,07	94,5
« 200 г/га д. в. + ЭлеГум-Марганец 100 г/га д. в.	19,3	5,06	0,11	2,51	98,9
« 100 г/га д. в. + ЭлеГум-Медь 50 г/га д. в.	19,0	5,40	0,12	2,59	94,6
« 200 г/га д. в. + ЭлеГум-Медь 100 г/га д. в.	18,9	5,47	0,12	2,72	95,6

Таблица 6. Влияние удобрений «ЭлеГум» на урожайность зеленой массы кукурузы

Вариант	Урожайность зеленой массы, ц/га			Прибавка, ц/га	Содержание нитратов в зеленой массе, мг/кг	
	2007 г.	2008 г.	Средняя		2007 г.	2008 г.
Навоз 50 т/га + N ₁₈₀ P ₉₀ K ₁₈₀ – фон	590	540	565	–	168	355
Фон + «ЭлеГум-Цинк»	684	615	650	85	89	305
Фон + «ЭлеГум-Медь»	611	568	590	25	120	308
Фон + «ЭлеГум-Марганец»	610	573	592	27	310	390

Таблица 7. Влияние удобрений «ЭлеГум» на урожайность зерна кукурузы

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка, ц/га
	2007 г.	2008 г.	Средняя	
Навоз 50 т/га + N ₁₈₀ P ₉₀ K ₁₈₀ - фон	122	77,5	99,8	–
Фон + «ЭлеГум-Цинк»	145	95,8	120,4	20,6
Фон + «ЭлеГум-Медь»	133	86,5	109,8	10,0
Фон + «ЭлеГум-Марганец»	137	84,3	110,6	10,8
НСР ₀₅	4,5	9,7		8,3

За основной критерий энергетической оценки технологий или ее составляющих элементов возделывания и уборки сельскохозяйственных культур принимают показатель энергетической эффективности, т. е. отношение энергии, содержащейся в конечном продукте соотносили к энергии, затраченной на его производство, дает энергетическую эффективность [8], или энергоотдачу ($K_{эн}$) данной технологии.

По характеру вовлекаемой в энергетический анализ информации применен расчетный метод. Исходная информация – строительный проект «Техпереворужение производственного здания производственного предприятия ПРУП «Зеленоборское» Смолевичского района под производство гуминовых удобрений с микроэлементами», рецептуры приготовления, типовые нормы выработки и расхода топлива, нормы технологического проектирования, паспортные данные оборудования и др.

В данных исследованиях сравнивали урожайность ряда культур на участках, где в почву предварительно внесли одинаковые количества органоминеральных удобрений (фон), а прибавки были получены только за счет некорневой подкормки удобрениями «ЭлеГум-Медь».

Составляющие энергетических затрат на производство удобрения «ЭлеГум-Медь», т. е. прямые и овеществленные показатели, представлены в табл. 8.

Прямые затраты на получение ГП (1-я стадия) (нагревание смеси до высокой температуры, длительное перемешивание, грубая и тонкая фильтрация и др.) значительно выше затрат на получение «ЭлеГум-Медь» (перемешивание исходных компонентов и др.). Однако овеществленные затраты, связанные с использованием химических препаратов на 2-й стадии, значи-

тельно выше. В процессе получения ГП использовали торф, водный аммиак и воду. Энергетические эквиваленты торфа и воды сравнительно низкие (соответственно 3,0 и 2,3 МДж/кг) [8], водный аммиак имеет более высокий энергетический эквивалент (16,4 МДж/кг), однако по соотношению с другими компонентами в смеси его мало (около 3 %), что и дает в сумме 1,76 МДж/кг.

В процессе получения удобрения «ЭлеГум-Медь» использовали компоненты с высокими энергетическими эквивалентами (медный купорос, водный аммиак, жидкий ГП и др.) поэтому затраты на их производство составляют основную часть всех затрат.

Затраты на применение удобрения «ЭлеГум-Медь» складываются из расхода дизельного топлива и энергоемкости трактора и сельхозмашины (ПОУ). Подкормщик-опрыскиватель ПОУ имеет ширину захвата 15 м, поэтому при некорневой подкормке посевов число его проходов минимально, а, следовательно, и расход дизельного топлива составит всего 8,7 МДж/кг.

Энергия, затраченная на производство трактора и ПОУ, рассчитывалась также с учетом их энергетических эквивалентов и массы. Эти показатели довольно высокие, например энергетический эквивалент трактора – 120, ПОУ – 104 МДж/кг, а их массы 2800 и 610 кг соответственно [8]. В результате на применение удобрения «ЭлеГум-Медь» расходуется количество энергии, сопоставимое с затратами на его производство – 24,7 МДж/кг.

Доля живого труда на производство единицы продукции «ЭлеГум-Медь» во всех энергозатратах весьма мала и составляет 0,02 %. Однако она является показателем высокой механизации производства.

Таблица 8. Полные энергетические затраты на производство и применение удобрения «ЭлеГум-Медь»

Наименование энергозатрат	Единица измерения, МДж/т
Производство жидкого ГП (стадия 1)	
Прямые	1230,0
Овеществленные:	
производство торфа	882,35
производство аммиака	877,88
подача воды	3,25
Всего	1763,48
Суммарные	2993,48
Производство удобрения «ЭлеГум-Медь» (стадия 2)	
Прямые	19,37
Овеществленные:	
производство аммиака	3109,03
производство медного купороса	14094,44
производство трилона-Б	20783,33
производство жидкого ГП	643,75
подача воды	0,45
Всего	38631,00
Суммарные:	38650,4
Применение удобрения «ЭлеГум-Медь»	
Прямые	8680,0 (10,5 МДж/га)
Овеществленные:	
энергоёмкость трактора и машины подкормщика-опрыскивателя ПОУ	16030,0 (19,4 МДж/га)
Суммарные	24710,0 (29,9 МДж/га)
Затраты живого труда	10,0
Расчет энергоёмкости производственного помещения	800,0
Полные энергозатраты	64170,4

Энергозатраты на строительство производственного здания (цеха) относительно невелики – 0,8 МДж/кг и зависели также от энергетического эквивалента, площади и годовой программы выпуска продукции. Поэтому, не расширяя производственных площадей, но, увеличивая выпуск продукции, можно снижать вид этих затрат.

Энергетический анализ использования удобрения «ЭлеГум-Медь» показал высокую окупаемость прибавками урожаев затрат на их производство и применение. Совокупная величина энергозатрат на производство составила 39460, на внесение – 24710 МДж/т. Полные энергозатраты – 64170 МДж/т.

Валовую энергию, аккумулированную в прибавках урожаев, определили по удельному содержанию энергии в продукции натуральной влажности [4]. Для зеленой массы кукурузы она составляет 3,74, зерна кукурузы – 14,6; для сахарной свеклы (корнеплоды) – 4,39 МДж/кг. Расчет энергии, накопленной в прибавках, и соотношение ее к полным энергозатратам на производство и применение удобрения «ЭлеГум-Медь», определил показатель энергетической эффективности данной технологии, который составил 79 – для озимой пшеницы, 123 – для сахарной свеклы (корнеплоды), 275 – для кукурузы (зерно), 176 – для кукурузы (зеленая масса).

Высокие показатели энергетической эффективности использования жидких гуминовых микроудобрений обусловлены высокой концентрацией и эффективностью новых удобрений, а также их малым расходом на единицу обрабатываемой площади.

Л и т е р а т у р а

1. **Кашинская Т. Я., Гаврильчик А. П., Лапа В. В., Рак М. В.** и др. Жидкие гуминовые удобрения с микроэлементами // Природопользование. Минск, 2009. Вып.15. С. 231–235.
2. **Ладухин А. Г., Виноградова В. С., Смирнова Ю. В.** О биологизации технологий возделывания сельскохозяйственных культур // Плодородие. 2004. № 3. С. 19–20.
3. Методика определения эффективности применения минеральных, органических и известковых удобрений / БелНИИПА. Минск, 1996.
4. Методические рекомендации по топливно-энергетической оценке сельскохозяйственной техники, технологических процессов и технологий в растениеводстве / ВИМ. М., 1989.
5. **Рак М. В., Дембицкий М. Ф., Сафроновская Г. М.** Некорневые подкормки микроудобрениями в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур // Земляробства і ахова раслін. 2004. № 2. С. 25–27.
6. **Рак М. В., Дембицкий М. Ф., Сафроновская Г. М.** Некорневые подкормки микроэлементами в технологиях возделывания озимой пшеницы и тритикале // Агроэкологическая оптимизация земледелия: Материалы конф. Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии РАСХН. Курск, 2004. С. 203–209.
7. **Рак М. В., Сафроновская Г. М., Титова С. А.** Содержание марганца в почвах и растениеводческой продукции и эффективное использование марганцевых удобрений // Почвоведение и агрохимия. 2006. № 1. С. 188–195.
8. **Севернев М. М.** Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве. Минск, 1994.

9. **Христева Л. А.** О природе действия физиологически активных гуминовых кислот и других стимуляторов роста растений // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Киев, 1968. С. 13–27.

**Институт природопользования НАН Беларуси,
Институт почвоведения и агрохимии**

Г. А. Соколов, М. В. Рак, Н. С. Гаврильчик, И. В. Симакина

**АГРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ЖИДКИМИ МИКРОЭЛЕМЕНТНЫМИ
УДОБРЕНИЯМИ С ГУМИНОВЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ «ЭлеГум»**

Результаты полевых испытаний жидких микроэлементных удобрений с гуминовыми веществами «ЭлеГум», сочетающих функции биологически активного стимулятора роста растений и микроэлементных удобрений (В, Cu, Zn, Mn) и характеризующихся хорошей растворимостью в водных растворах и стабильностью компонентов в растворенном состоянии в течение длительного времени показали, что, в сравнении с фоновым вариантом применение удобрений «ЭлеГум-Цинк», «ЭлеГум-Медь», «ЭлеГум-Марганец» в некорневых подкормках посевов кукурузы способствует повышению урожайности зеленой массы на 27–85 ц/га и зерна – на 10,0–20,6 ц/га.

Некорневые подкормки озимой пшеницы жидкими комплексными удобрениями «ЭлеГум-Медь» и «ЭлеГум-Марганец» на дерново-подзолистой супесчаной почве, слабо обеспеченной подвижной медью и обменным марганцем, в фазе кущения повышали урожайность на 5,6–8,8 ц/га, в фазе выхода в трубку на 4,5–7,9 ц/га при урожайности 63,5–67,8 ц/га. Отмечено повышение содержания клейковины в зерне на 2,4–4,2 %.

Применение удобрений «ЭлеГум-Бор», «ЭлеГум-Марганец» и «ЭлеГум-Медь» в некорневых подкормках посевов сахарной свеклы на фоне органических и минеральных удобрений способствует повышению урожайности корнеплодов в среднем на 36–53 ц/га, выхода сахара на 3,8–10,5 ц/га.

Определен показатель энергетической эффективности использования медно-гуминового удобрения «ЭлеГум-Медь», который составил 79 – для озимой пшеницы, 123 – для сахарной свеклы (корнеплоды), 275 – для кукурузы (зерно), 176 – для кукурузы (зеленая масса).

G. Sokolov, M. Rak, N. Gavrilchik and I. Simakina

**AGRO-ENERGY EFFICIENCY OF NON-ROOT FEEDS OF AGRICULTURAL CROPS
WITH LIQUID TRACE FERTILIZERS WITH HUMIC MATTERS «ELEGUM»**

The results of field tests on new kind of liquid humic fertilizers with microelements «EleGum» estimation are given. They are characterized by integrated functions as bioactive plant growth stimulation as microelements fertilisers (B, Cu, Zn, Mn), what increases the efficiency of there application and reduces quantity of foliar treatments of field and vegetable crops. Humic extracts from peat due to its technological treatment was used as biostimulating basis. Application of fertilizers as foliar droppings on maize plants increases corn yield 1,0–2,1 ton per hectare, green mass – 2,7–8,5 t/hectare, allows to rise sugar beet root yield up to 3,6–5,3 ton per ha on average.

Peat humic substances, trace elements, agricultural crop yields.

Г. А. Соколов, О. Г. Красноберская, И. В. Симакина,
В. В. Смирнова, Л. Ю. Цвирко

АКТИВИЗАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФА И ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ПРИ СОЗДАНИИ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ УДОБРИТЕЛЬНОЙ И МЕЛИОРИРУЮЩЕЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ

Приведены данные по изменению группового состава, агрохимических и общетехнических параметров вторичного органического сырья после гидродинамической кавитации и вермипереработки. Выявлено существенное положительное преобразование структуры органического вещества субстратов в сторону активизации образования гуминовых веществ и гуминовых кислот в том числе. Это возрастание происходит в значительной мере за счет водорастворимых соединений, легкогидролизуемых, и в меньшей степени – за счет трудногидролизуемых веществ.

Постоянно возрастающие масштабы опустынивания, деградации, эрозии и техногенного загрязнения почв требуют создания новых эффективных средств удобрительного и мелиорирующего действия и совершенных ресурсосберегающих технологий их производства на основе переработки как природных органических и органоминеральных материалов, так и вторичного сырья. Наряду с этим для Беларуси также особенно актуально повышение содержания гумуса почв, так как более чем в половине административных районов республики сложился отрицательный баланс гумуса.

Органические и органоминеральные материалы на основе торфа, сапропеля и вторичного сырья подразделяются в зависимости от их целевого назначения и состава на две большие группы: мелиоранты почв и удобрительные смеси.

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

В отличие от мелиорантов, удобрительные смеси предназначены для оптимизации пищевого режима возделываемых растений в течение одного или двух вегетационных периодов, после чего их заметное положительное воздействие на растения и почву затухает. Удобрительные смеси оптимизируют в основном агрохимические, в меньшей степени – микробиологические и биохимические свойства и практически не изменяют

минералогический и гранулометрический составы, водно-воздушный режим и другие свойства почвы.

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

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

Гидродинамическая кавитация является эффективным средством изменения структуры поверхностей материалов за счет сил гидравлического удара, возникающего вблизи обтекаемых кавитационным потоком частиц [5].

Известно [7, 15], что надмолекулярные образования гуминовых веществ (ГВ) состоят из жесткоупакованных макромолекул, поэтому при воздействии сил гидравлического удара наряду с разрушением поверхности возможны разрывы химических связей, что должно привести к изменению фракционного состава экстрагируемых из торфа ГВ.

Нами выполнена сравнительная оценка выхода ГВ из торфа до и после кавитации при извлечении наиболее распространенными экстрагентами.

Низинный торф месторождения «Усяж» степенью разложения (R) 40 %, зольностью (A)

14,26 %, pH 5,7); верховой торф месторождения «Зеленый Бор» ($R = 35$ %, $A = 2,68$ %, pH 3,1). Условия кавитации низинного торфа: 1 – 1 кг торфа + 3,7 л воды + кавитация при 65 °С; 2 – 1 кг торфа + 3,7 л воды + кавитация при 90 °С. Условия кавитации верхового торфа: 3 – 1 кг торфа + 4,3 л воды + кавитация при 65 °С; 4 – 1 кг торфа + 3,8 л воды + кавитация при 85 °С. Образцы торфа сушили до воздушно-сухого состояния, измельчали и просеивали через сито с диаметром ячеек 1 мм.

Содержание общего углерода в торфе до и после кавитации определяли по методике [13].

Экстракцию водорастворимых ГВ проводили по методике [16], лабильных ГВ – по [4]. ГВ также были извлечены 0,1 М раствором $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (pH 7); 0,1 М раствором NaOH по методике [2] и горячим 0,02 н. раствором NaOH [6]. Все экстракты получали из отдельных навесок торфа, так как выделить последовательно их из одной навески не представилось возможным в связи с тем, что торф после кавитации через бумажный фильтр не фильтровался вследствие образования в результате кавитации тонкодисперсной массы. Для получения прозрачных растворов образцы центрифугировали на ОП-8УХЛ4,2 при 8000 об/мин в течение 20 мин.

Оценку выхода ГВ и ГК осуществляли по содержанию в экстрактах углерода органического вещества серно-хромовым методом [1], содержа-

ние фульвокислот (ФК) находили по разности между содержанием ГВ и ГК.

Для группового анализа образцов использовали метод по выделению всех необходимых компонентов из одной навески, модифицированный Н. Н. Бамбаловым [2]. Так как наши образцы не относятся к торфу, то выделение некоторых компонентов было опущено. Последовательно выделялись водорастворимые вещества (ВР), гуминовые вещества (ГВ), в том числе гуминовые кислоты (ГК), легкогидролизуемые вещества (ЛГ), трудногидролизуемые вещества (ТГ) и негидролизуемый остаток (НГО).

В табл. 1 приведены некоторые общетехнические и агрохимические показатели исходных субстратов и готового вермигумуса.

В исходных субстратах реакция среды была слабощелочной (pH 7,3–8,0), зольность колебалась в пределах 72–83 %, лишь в образце с навозом КРС она составляла 47 %.

Содержание общего азота было минимальным в образце с пивной дробинкой (0,4 %), максимальным – в образце с навозом КРС (2,09 %). Содержание общего фосфора в образцах с конским навозом, птичьим пометом и осадком сточных вод (ОСВ) составляло 0,6–0,7 %. Образец с пивной дробинкой был обеднен фосфором (0,24 %), а образец с навозом КРС, наоборот, обогащен (1,5 %).

Таблица 1. Общетехнические и агрохимические характеристики вторичного органического сырья и вермигумуса, полученного после его биологической переработки

Образец	pH	W, %	A ^c (900 °C), %	Общие формы, % на а.с.м.			Подвижные формы, мг/100г а.с.м.			
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	N-NH ₄
Исходный субстрат										
Пивная дробина	8,0	42,4	83,2	0,40	0,24	0,32	170	316	0	0
Конский навоз	7,4	48,4	80,2	0,80	0,63	0,35	340	252	0	0
Птичий помет	7,7	52,6	78,6	0,73	0,60	0,37	441	361	34,18	0
ОСВ	7,3	55,8	71,8	1,06	0,70	0,46	371	381	16,70	0
Навоз КРС	7,9	75,7	46,8	2,09	1,48	1,73	762	1716	0	0
Вермигумус										
Пивная дробина	7,6	49,8	77,6	0,70	0,61	0,20	215	107	11,16	0
Конский навоз	6,4	42,3	81,6	0,55	0,56	0,23	306	112	12,24	0
Птичий помет	8,0	48,9	79,4	0,75	0,84	0,28	459	216	12,50	0
ОСВ	7,3	47,9	77,8	0,67	0,55	0,25	286	151	12,70	0
Навоз КРС	7,6	44,2	54,1	2,04	1,53	4,55	837	4521	263,00	0

Примечание. Субстраты, по возможности, отобраны на начальной стадии ферментации перед вермипереработкой; а.с.м. – абсолютно сухая масса.

Содержание подвижного фосфора коррелировало с содержанием общего – максимум в образце с навозом КРС, минимум – в образце с пивной дробинкой, остальные образцы различались между собой незначительно. Аналогичная зависимость наблюдалась и в содержании общего и подвижного калия – небольшая разбежка величин для всех образцов, кроме образца с на-

возом КРС. В нем подвижного калия было в 4,5–6,8 раза больше. Нитратный азот зафиксирован только в образцах с птичьим пометом и ОСВ, а аммонийный отсутствовал везде.

Данные по определению содержания углерода органического вещества в торфе до и после кавитации представлены в табл. 2.

Таблица 2. Содержание углерода органического вещества в торфе до и после кавитации

Образец	Сорг.общ., % на СВ	Сорг.общ., % на ОМ
Низинный торф:		
исходный	45,90	53,53
1 кг торфа + 3,7 л H ₂ O + кавитация при 65 °С	45,76	53,37
1 кг торфа + 3,7 л H ₂ O + кавитация при 90 °С	45,00	52,48
Верховой торф:		
исходный	50,29	51,67
1 кг торфа + 4,3 л H ₂ O + кавитация при 65 °С	50,10	51,48
1 кг торфа + 3,8 л H ₂ O + кавитация при 85 °С	50,15	51,53

Как видно, процесс кавитации не влияет на содержание общего углерода: в низинном торфе этот показатель на уровне 52,48–53,37 %, в верховом – 51,48–51,67 % на органическую массу (ОМ).

По-видимому, в процессе кавитации газообразные соединения углерода не образуются, поэтому общее содержание углерода остается неизменным.

Данные о влиянии кавитации на выход ГВ, извлекаемых из торфа разными экстрагентами, представлены в табл. 2.

В низинном торфе после кавитации выход органических веществ, экстрагируемых водой при 96–98 °С, увеличился на 17–28 %, а в верховом – на 53–63 % по сравнению с их содержанием в исходном торфе. Вероятнее всего, это связано с разрушением в процессе кавитации части молекул органических компонентов торфа с последующими переходом органического вещества в водорастворимое состояние.

Содержание ГК в водорастворимых веществах низинного торфа до кавитации очень низкое – 0,03 %, после кавитации оно увеличилось в 3–4 раза. В составе водорастворимых веществ содержание ФК многократно превышает содержание ГК. После кавитации выход ФК увеличился на 10–16 %. Из верхового торфа до кавитации выход водорастворимых ГК составил 0,15 %, а ФК – 2,38 %. После кавитации выход ГК увеличился в 7 раз, а ФК – лишь в 1,2 раза.

Данные табл. 3 показывают, что кавитация существенно увеличивает выход лабильной фракции ГК, извлекаемой 0,2 М бикарбонатом натрия. Так, из низинного торфа после кавитации выход лабильных ГВ возрос в 1,5–2 раза, а из верхового – в 1,8 раза по сравнению с исходными образцами торфа.

В составе лабильной фракции ГВ низинного торфа до кавитации содержание ГК было 0,37 %, а после кавитации их количество увеличилось до 0,46–0,54 % от ОМ торфа. Содержание ФК в лабильной фракции ГВ меньше по сравнению с водорастворимыми веществами. После кавитации выход ФК возрос, однако он ниже по сравнению с количеством ФК в водорастворимой фракции на 31–87 %. Это объясняется тем, что водорастворимые вещества выделялись при 96–98 °С, а лабильная фракция – при 18–20 °С.

Из верхового торфа до кавитации выход лабильных ГК составил 1,71 %, а ФК – 0,62 % в расчете на ОМ торфа. После кавитации их выход увеличился и составил соответственно 2,15–2,18 % и 2,01–2,03 %. В результате кавитации выход лабильных ГК из верхового торфа возрос примерно в 1,25 раза, а лабильных ФК – до 3,5 раза.

Таким образом, процесс кавитации существенно влияет на фракционный состав ГВ лабильной фракции, о чем свидетельствует изменение соотношения между ГК и ФК.

Данные, представленные в табл. 3, свидетельствуют также об увеличении выхода после кавитации ГВ, растворимых в 0,1 М Na₄P₂O₇ (рН 7). В случае низинного торфа выход ГВ увеличился на 37–44 %, в случае верхового – на 50–59 % по отношению к ГВ исходного торфа. После кавитации выход пирофосфатной фракции ГК из низинного торфа выше на 48–58 %, а ФК – на 12–39 % по сравнению с исходным материалом. В ГВ пирофосфатной вытяжки из верхового торфа после кавитации выход ГК увеличился на 46–62 % по сравнению с торфом до кавитации, а ФК – на 55–57 %.

Полученные результаты однозначно свидетельствуют об образовании под воздействием гидродинамической кавитации дополнительных количеств ГК и ФК пирофосфатной фракции ГВ как в низинном, так и в верховом торфе.

Следующим этапом исследований было определение выхода ГВ, экстрагируемых из торфа 0,1 М NaOH без нагревания. Данные табл. 3 свидетельствуют об увеличении выхода ГВ из низинного торфа после кавитации приблизительно на 11 % по сравнению с исходным образцом, в верховом – на 19–20 %. Известно [2, 14], что такой экстрагент полностью растворяет ГК и ФК, находящиеся в торфе и почве в Н-форме, значит, есть основания считать, что эти дополнительные количества ГВ были синтезированы в процессе кавитации из других компонентов торфа.

Как и в предыдущих вариантах, полученные данные свидетельствуют о том, что процесс гидродинамической кавитации увеличивает содержание в торфе ГК и ФК. В растворе ГВ из низинного торфа после кавитации содержание ГК увеличилось на 13–16 %, а ФК – до 8 %.

Таблица 3. Влияние различных экстрагентов на выход ГВ, ГК и ФК из торфа до и после кавитации, % на ОМ

Низинный торф											
до кавитации				1				2			
ГВ	ГК	ФК	ГК:ФК	ГВ	ГК	ФК	ГК:ФК	ГВ	ГК	ФК	ГК:ФК
Вода (кипящая водяная баня 1 ч при 96 °С)											
0,83	0,03	0,80	0,04	0,97	0,09	0,88	0,10	1,06	0,13	0,93	0,14
0,2 М NaHCO ₃ (20 °С)											
0,60	0,37	0,23	1,61	0,93	0,46	0,47	0,98	1,25	0,54	0,71	0,76
0,1 М Na ₄ P ₂ O ₇ (рН 7) (20 °С)											
1,85	1,01	0,84	1,20	2,66	1,49	1,17	1,27	2,54	1,60	0,94	1,70
0,1 М NaOH (20 °С)											
6,56	4,21	2,35	1,79	7,30	4,88	2,42	2,02	7,28	4,74	2,54	1,87
0,02 н. NaOH (2 ч при 80 °С)											
8,0	5,07	2,93	1,73	9,2	5,96	3,24	1,84	8,06	5,1	2,96	1,72
Верховой торф											
до кавитации				3				4			
ГВ	ГК	ФК	ГК:ФК	ГВ	ГК	ФК	ГК:ФК	ГВ	ГК	ФК	ГК:ФК
Вода (кипящая водяная баня 1 ч при 96 °С)											
2,53	0,15	2,38	0,06	3,88	1,04	2,84	0,37	4,13	1,23	2,90	0,42
0,2 М NaHCO ₃ (20 °С)											
2,33	1,71	0,62	2,76	4,21	2,18	2,03	1,07	4,16	2,15	2,01	1,07
0,1 М Na ₄ P ₂ O ₇ (рН 7) (20 °С)											
3,10	1,71	1,39	1,23	4,67	2,49	2,18	1,14	4,92	2,77	2,15	1,29
0,1 М NaOH (20 °С)											
17,07	12,72	4,35	2,92	20,25	15,05	5,20	2,89	20,47	14,62	5,85	2,50
0,02 н. NaOH (2 ч при 80 °С)											
13,86	9,64	4,22	2,28	15,88	11,19	4,69	2,39	15,69	10,91	4,78	2,28

Примечание. 1 – 1 кг торфа + 3,7 л H₂O + кавитация при 65 °С; 2 – 1 кг торфа + 3,7 л H₂O + кавитация при 90 °С; 3 – 1 кг торфа + 4,3 л H₂O + кавитация при 65 °С; 4 – 1 кг торфа + 3,8 л H₂O + кавитация при 85 °С.

Из верхового торфа после кавитации выход щелочно-растворимых ГК увеличился на 15–18 %, а ФК – на 20–34 %. Основную массу в составе ГВ верхового торфа до и после кавитации составляют ГК, которых почти в 3 раза больше, чем ФК.

Результаты табл. 3 показывают, что выход ГВ при экстракции горячим раствором 0,02 н. NaOH из низинного торфа выше по сравнению с другими экстрагентами. Как и в предыдущих вариантах, после кавитации выход ГВ увеличился по сравнению с исходными образцами. Выход ГК также возрос до 17 %, а ФК – до 10 %.

Из верхового торфа выход ГВ, растворимых в 0,02 н. NaOH при 80 °С, меньше, чем при использовании 0,1 н. раствора NaOH без нагревания. Это объясняется тем, что верховой торф имеет кислую реакцию среды (рН в КСl = 3,1), поэтому часть щелочи нейтрализуется кислотами самого торфа и экстракция ГВ происходит в условиях недостатка ионов натрия. Вместе с тем здесь также наблюдается увеличение выхода ГВ после кавитации приблизительно на 15 %. Выход ГК из раствора ГВ после кавитации в данном случае выше на 13–16 %, а ФК – на 11–13 %.

В процессе гидродинамической кавитации происходит разрыв химических связей в молекулах ГВ торфа, образование новых ГВ, в том числе и ГК, что объясняет увеличение выхода ГВ и ГК из торфа после кавитации.

Таким образом, полученная сумма знаний показывает, что под воздействием гидродинамической кавитации в торфе увеличивается выход щелочно-растворимых ГВ до 20 %, в том числе выход лабильной фракции ГВ до 2 раз, пирофосфатной фракции (рН 7) – до 1,6 раза, а водорастворимых веществ – в 3–4 раза по сравнению с их исходным содержанием.

Возникает вопрос: из каких источников органического вещества торфа и по каким механизмам формируются дополнительные количества ГВ? Наиболее вероятным их источником может быть негидролизуемый остаток торфа. Доказано [3], что негидролизуемый остаток торфа является резерватом промежуточных продуктов гумификации, представленных высокомолекулярными гетерополиконденсатами ароматических веществ, например фрагментов лигнина с аминокислотами и полипептидами. При содержании карбоксильных групп на уровне 1,4–2,3 мг–экв/г они не способны растворяться в щелочных средах из-за большой молекулярной массы. В процессе гидродинамической кавитации происходит разрыв некоторой части химических связей, сопровождающийся уменьшением молекулярной массы и образованием по местам разрыва химических связей дополнительного количества полярных функциональных групп. Уменьшение молекулярной массы и повышение полярности промежуточных продуктов гумификации

обеспечивает переход в раствор дополнительных количеств ГВ. Для использования гидродинамической кавитации как технологического приема повышения выхода ГВ из торфа необходимо оптимизировать ее режим.

В Беларуси, как и во всех странах мира, существует проблема утилизации бытовых и промышленных отходов. В нашей стране ежегодно накапливаются большие объемы животноводческих и около 2,4 млн тонн твердых бытовых отходов. Существующие технологии их переработки в большинстве случаев не являются безотходными и экологически чистыми и требуют больших затрат энергоресурсов.

Альтернативой имеющимся методам служит развивающееся направление – переработка органических отходов с помощью дождевых навозных червей. Преимущество этой технологии перед другими заключается в том, что она позволяет в едином технологическом процессе при сравнительно малых затратах перерабатывать в больших количествах практически любые органические отходы, с получением в качестве конечных продуктов ценного органического удобрения – биогумуса и полноценного животного белка, используемого в качестве белковой добавки в животноводстве.

В качестве исходного сырья для вермикюльтивирования используют навоз конский, овчий, козий, кроличий, КРС на соломенной подстилке, твердую фракцию жидкого навоза КРС или свиней, птичий помет, активный ил животноводческих комплексов, потребительские свойства которых соответствуют требованиям безопасности, охраны здоровья и окружающей среды. Из органических отходов используют отходы пищевой промышленности, растениеводства, овощеводства, плодоводства, из природных ископаемых – торф, сапропель [8–12].

При интенсивных процессах компостирования исходные вещества полностью преобразуются. Высвобождающийся при этом азот снова связывается белковой плазмой червя и фиксируется микроорганизмами. В связи с этим в компостах содержится более 95 % органически связанного азота, который, чтобы стать доступным растениям, должен сначала минерализоваться.

Нами также изучались агрохимические, некоторые общетехнические свойства и групповой состав субстратов на основе пивной дробины, птичьего помета, осадка сточных вод, навоза конского и крупного рогатого скота до и после биологической переработки красным калифорнийским червем. Исследуемые образцы представляли собой смесь вторичного органического сырья различного генезиса с почвой.

В вермигумусе реакция среды была нейтральной (образец с конским навозом) или слабощелочной (все остальные образцы), зольность

составляла 78–82 % и лишь в образце с навозом КРС – 54 %.

Содержание общего азота колебалось в пределах 0,55–0,75 %, только в образце с навозом КРС – 2%. Содержание общего фосфора находилось на уровне 0,55–0,84 %, в образце с навозом КРС – 1,53 %. Содержание общего калия также различалось незначительно (0,25–0,28 %) во всех образцах, кроме вермигумуса с навозом КРС (4,55 %).

Количество подвижного фосфора в образце с навозом КРС было выше, чем в остальных, в 1,8–3,8 раза, а количество подвижного калия в нем на порядок превышало этот показатель в остальных образцах. Аммонийный азот отсутствовал во всех образцах, нитратный присутствовал (в образце вермигумуса КРС – 263 мг/100 г, в остальных – 11–13 мг/100 г).

Показатель pH в процессе биологической переработки уменьшался в пределах 0,3–0,4, лишь в вермигумусе с конским навозом pH снизился на единицу.

Зольность увеличилась во всех образцах на 1–15 %, кроме вермигумуса с пивной дробинкой, где было отмечено ее снижение на 7 %.

Содержание общего азота почти не изменилось в образцах с навозом КРС и птичьим пометом, но в вермигумусе с конским навозом и ОСВ снизилось примерно в 1,5 раза, а в вермигумусе с пивной дробинкой, наоборот, возросло в 1,75 раза. Количество общего фосфора уменьшилось в вермигумусе с конским навозом и ОСВ на 13–27 %, в остальных образцах повышение составило от 3 % в вермигумусе на навозе КРС до 154 % в вермигумусе на пивной дробинке. Содержание общего калия снизилось во всех образцах, кроме вермигумуса на навозе КРС, где отмечено повышение в 2,6 раза.

Динамика содержания подвижных форм фосфора и калия коррелировала с динамикой содержания их общих форм. Отмечено снижение величины подвижного фосфора в вермигумусе с конским навозом и осадком сточных вод на 11–30 % и повышение на 4–30 % в остальных образцах. Содержание подвижного калия снизилось во всех образцах, кроме вермигумуса с навозом КРС, где отмечено повышение в 2,6 раза. Нитратный азот появился в образцах с пивной дробинкой, конским навозом и навозом КРС, а в вермигумусе с птичьим пометом и осадком сточных вод его содержание снизилось в 1,3–2,7 раза.

Таким образом, в образцах с конским навозом и осадком сточных вод после их биологической переработки отмечено снижение содержания общих и подвижных форм азота, фосфора и калия. В образце с навозом КРС произошло значительное повышение содержания общего и подвижного калия, а также нитратного азота, что, по-видимому, связано со специфическими свойствами органического вещества разного происхождения и особенностями их биопереработки.

Изменение группового состава образцов в процессе биологической переработки отходов представлено в табл. 4.

В исходных субстратах максимальное содержание водорастворимых веществ отмечено в образце с навозом КРС – более 17 %, а в остальных образцах оно варьировало в пределах 3,4–6 % на а.с.м. Содержание гуминовых веществ колебалось от 5,4 % в пивной дробинке до почти 15 % в конском навозе и КРС. Количество ЛГ составляло 10,8–15,4%, а ТГ – 2,9–5,8 %. Основная доля среди групп соединений пришлась на НГО – 48,3–72,8 %.

Таблица 4. Изменение группового состава исходных субстратов и вермигумуса, % на а. с. м.

№ п/п	Образец	ВР	ГВ	Из них ГК	ЛГ	ТГ	НГО
Исходный субстрат							
1	Пивная дробина	3,4	5,4	2,0	12,6	5,8	72,8
2	Конский навоз	4,1	14,7	3,4	14,3	4,0	62,9
3	Птичий помет	3,9	10,2	3,1	12,7	3,8	69,4
4	ОСВ	6,1	10,5	3,5	10,8	2,9	69,7
5	Навоз КРС	17,2	14,9	6,2	15,4	4,2	48,3
Вермигумус							
1	Пивная дробина	1,8	12,6	3,1	8,3	2,3	75,0
2	Конский навоз	2,1	25,3	11,5	8,2	2,5	61,9
3	Птичий помет	0,1	15,4	7,1	6,2	2,5	75,8
4	ОСВ	0,1	18,9	12,0	7,6	2,8	70,6
5	Навоз КРС	5,9	26,5	13,4	10,0	3,5	54,1
Изменение, ± к исходному							
1	Пивная дробина	-1,6	+7,2	+1,1	-4,3	-3,5	+2,2
2	Конский навоз	-2,0	+10,6	+8,1	-6,1	-1,5	-1,0
3	Птичий помет	-3,8	+5,2	+4,0	-6,5	-1,3	+6,4
4	ОСВ	-6,0	+8,4	+8,5	-3,2	-0,1	+0,9
5	Навоз КРС	-11,3	+11,6	+7,2	-5,4	-0,7	+5,8

В процессе биопереработки красным калифорнийским червем изучаемых органических отходов их групповой состав претерпел существенные изменения. При этом весьма заметно во всех видах переработанных отходов, т. е. в готовом вермигумусе, снизилось содержание водорастворимой фракции. Это снижение в абсолютных процентах составило от 1,6 % в варианте с пивной дробинкой до 11,3 % в варианте с навозом КРС, что, возможно, связано с иммобилизацией наиболее доступной фракции органического вещества биотой и ее постепенной трансформацией в гуминоподобные соединения.

Содержание гуминовых веществ в вермигумусе возросло по сравнению с исходным субстратом в среднем более чем на 40 % относительных, т. е. на 5–13 % в зависимости от вида субстрата. При этом содержание гуминовых кислот в вермигумусе увеличилось на 1–8,5 %. Возрастание происходило, как следует из полученных данных, в значительной мере за счет водорастворимых соединений, ЛГ- и ТГ-веществ. Содержание последних снизилось на 3–6 % и 0,7–3,5 % соответственно.

Литература

1. **Аринушкина Е. В.** Руководство по химическому анализу почв. М. 1962.
2. **Бамбалов Н. Н.** Современное состояние и проблемы методики группового анализа органического вещества торфяных почв // Физико-химические, геохимические и микробиологические процессы мелиорированных почв Полесья. Минск, 1974. С. 166–209.
3. **Бамбалов Н. Н.** Состав негидролизующего остатка торфяных почв // Почвоведение. 1994. № 8. С. 41–45.
4. **Бамбалов Н. Н., Смирнова В. В., Беленькая Т. Я., Хоружик А. В.** Содержание лабильной фракции гумусовых веществ в торфе и торфяных почвах // Агрохимия. 2003. № 6. С. 14–20.
5. Большая советская энциклопедия. М., 1973. Т. 11. С. 320–323.
6. **Драгунов С. С.** Методы анализа гуминовых удобрений // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Харьков, 1957. С. 55–71.
7. **Комиссаров И. Д., Логинов Л. Ф.** Электронный парамагнитный резонанс в гуминовых кислотах // Гуминовые препараты. Тюмень, 1971. С. 99–115.
8. **Максимова С. Л., Босак В. Н.** Вермикомпостирование и вермикультивирование: состояние, проблемы и перспективы // Бел. сел. хоз-во. 2007. № 9. С. 65–66.
9. **Максимова С. Л., Васько А. С.** Почвенные грунты и биогумус // Бел. сел. хоз-во. 2009. № 8. С. 34–36.
10. **Максимова С. Л., Потылкин В. А.** Использование различных видов субстрата при вермикультивировании // Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: проблемы, перспективы, достижения: Сб. науч. тр. Минск, 2007. С. 101–102.
11. **Максимова С. Л., Туболец А. А.** Вермитехнологии в Беларуси // Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии: Материалы VI Междунар. науч. конф. Минск, 2008. С. 126–127.
12. **Максимова С. Л., Шаванова Т. М., Мухин Ю. Ф.** Развитие технологий вермикомпостирования и вермикультивирования в Беларуси // Вестн. Полесского гос. ун-та. Сер. природ. наук. 2008. № 1. С. 44–48.
13. **Пономарева В. В., Николаева Т. А.** Серно-хромовый метод одновременного определения С и N // Почвоведение. 1961. № 5. С. 88.
14. **Пономарева В. В., Плотникова Т. А.** Гумус и почвообразование. Л., 1980.
15. **Стригуцкий В. П., Навоша Ю. Ю., Бамбалов Н. Н., Лиогонький Б. И.** О природе парамагнетизма гумусовых веществ и перспективах применения метода ЭПР в почвоведении // Почвоведение. 1989. № 7. С. 41–51.
16. **Шульц Э., Кершенс М.** Характеристика разлагаемой части органического вещества почв и ее трансформация при помощи экстракции горячей водой // Почвоведение. 1998. № 7. С. 890–894.

Г. А. Соколов, О. Г. Красноберская,
И. В. Симакина, В. В. Смирнова, Л. Ю. Цвирко

**АКТИВИЗАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФА И ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ПРИ
СОЗДАНИИ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ УДОБРИТЕЛЬНОЙ И
МЕЛИОРИРУЮЩЕЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ**

В процессе гидродинамической кавитации торфа образуются дополнительные количества ГК и ФК, растворимых в NaOH (pH 12–13), NaHCO_3 (pH 8–8,2), $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (pH 7) и в воде.

Вероятным источником дополнительных количеств ГК и ФК, образующихся при гидродинамической кавитации, является негидролизуемый остаток торфа, содержащий промежуточные продукты гумификации в нерастворимой форме из-за низкого содержания полярных групп и большой молекулярной массы, а вероятным механизмом является разрыв химических связей с образованием по месту разрыва дополнительных полярных функциональных групп.

Гидродинамическая кавитация торфа может использоваться в качестве технологического приема, увеличивающего выход ГВ и уменьшающего размеры торфяных частиц, однако для получения целевых продуктов необходима оптимизация условий и режима кавитации.

При рассмотрении изменений группового состава вторичного органического сырья разного генезиса в результате его биологической переработки методом вермикомпостирования можно сделать заключение о существенном положительном преобразовании структуры органического вещества навоза конского и КРС, птичьего помета, пивной дробины и ОСВ в сторону активизации образования ГВ и ГК в том числе. Это возрастание происходит в значительной мере за счет снижения доли водорастворимых соединений, легкогидролизуемых и, в меньшей степени, – трудногидролизуемых веществ. Содержание последних групп соединений снижается на 1–6 %.

G. A. Sokolov, O. G. Krasnoberskaya,
I. V. Simakina, V. V. Smirnova, L. Y. Tsvirko

**PEAT ORGANIC MATTER AND SECONDARY RAW MATERIAL ACTIVIZATION WHEN
CREATING MODERN MATERIALS OF FERTILIZING AND AMELIORATING TREND ACTION**

Additional amounts of humic and fulvic acids dissoluble in NaOH (pH 12–13), NaHCO_3 (pH 8–8,2), $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (pH 7) and in water during the process of hydrodynamic cavitations are formed.

Probable source of additional HA and FA amounts formed at hydrodynamic cavitation is a non-hydrolyzed peat residue with intermediate humification products in non-soluble form due to low content of polar groups and great molecular mass, and a probable mechanism is a break of chemical bounds resulting in extra polar functional groups.

Hydrodynamic peat cavitation may be used as technological way to increase HA outcome and to reduce peat particles. To gain target products an optimization of cavitation conditions and the mode is obligatory.

Regarding changes of group composition of secondary organic raw material of different genesis as a result of its biological processing through worm-composting a conclusion can be done about considerable positive transformation of organic matter structure of horse dung and cattle, poultry dropping, brewing waste and sewage residue to the side of activization of HM and HA including. This increment occurs greatly due to the decrease of the share of water-soluble compounds, easy-hydrolyzed and to lesser extent, - hard-hydrolyzed matters. The content of latter groups of compounds reduces by 1–6 %.

В. В. Марыганова, Л. Шайдак, Л. Ю. Цынкалова

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ПОЧВ ПОД ЛЕСОПОЛОСАМИ РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА В АГРОЛАНДШАФТЕ

Приведены результаты сравнительного исследования методом комплексного термического анализа (ТГ–ДТГ–ДТА) гуминовых кислот, выделенных 0,1 н. NaOH и 0,1 М Na₄P₂O₇ при pH = 7 из почв под лесополосами различного возраста (14- и 160-летней) и из почв примыкающих к ним пахотных полей, расположенных на территории агроэкологического ландшафтного парка около г. Турев (40 км к югу от г. Познань, Польша).

Метод комплексного термического анализа, включающего термогравиметрию (ТГ), дифференциальную термогравиметрию (ДТГ) и дифференциальный термический анализ (ДТА), позволяет провести исследование термоустойчивости и термохимических превращений гуминовых кислот (ГК) различного происхождения, которые определяются их химическим составом и молекулярной структурой [1, 4, 7–10, 16]. Этот метод является быстрым, точным и весьма информативным при исследовании таких сложных объектов, как ГК.

В статье приводятся результаты сравнительного исследования методом комплексного термического анализа ГК, выделенных из почв под лесополосами различного возраста и из почв примыкающих к ним пахотных полей для установления особенностей их химической структуры.

Лесополосы представляют собой защитные лесные насаждения в виде рядов деревьев и кустарников, создаваемые среди пахотных полей. Они сдерживают эрозию почвы, улучшают микроклимат для сельскохозяйственного производства, регулируют водный режим, а также уменьшают концентрацию многих химических элементов, мигрирующих с грунтовыми водами с пахотных полей, т. е. функционируют в качестве биогеохимических барьеров, контролируя круговорот веществ в агроландшафте [13, 14].

В почвах под лесополосами происходит накопление органического вещества. Содержание органического углерода, общего и органического азота в них выше, чем в почвах прилегающих к ним пахотных полей, причем в тем большей степени, чем больше возраст лесополосы [6]. Наиболее важной частью органического вещества почвы являются гуминовые вещества, особенно ГК. Они имеют сложное строение и играют важную роль в функционировании лесополос как биогеохимических барьеров. Ранее нами было показано, что химическая структура ГК, выделенных из почв под лесополосами, зависит от вида почвы, возраста лесополосы и расстояния от ее края [2, 20].

Исследования проведены на территории агроэкологического ландшафтного парка около г.

Турев (40 км к югу от г. Познань, Польша); 70 % этой территории составляют пахотные поля, 14 % – лесополосы и небольшие засаженные лесом участки. Объектами исследований являлись ГК, выделенные из почв под лесополосами различного возраста, видового состава деревьев и содержания органического вещества в почве, а также из почв примыкающих к ним пахотных полей.

Одна из лесополос была заложена 160 лет назад (старая), вторая – 14 лет назад (молодая). Старая лесополоса состоит из *Robinia pseudoacacia* с примесью *Quercus pentrea* и *Quercus robur*. Ее ширина 36 м и протяженность 2 км. Молодая лесополоса шириной 30 м и длиной 400 м засажена *Quercus pentrea*, *Quercus robur*, *Larix deciduas*, *Pinus silvestris*, *Sorbus aucuparia* и некоторыми другими видами деревьев (всего 24 вида). На пахотных полях, примыкающих к лесополосам, постоянно возделывается рожь.

Пробы почв отобраны в 10 точках поверхностных горизонтов (0–20 см) в середине лесополос и в 100 м от лесополос в примыкающих к ним пахотных полях. Полученный почвенный материал перемешали, создали средние пробы. Они были высушены на воздухе и просеяны через сито с ячейками диаметром 1 мм. В исследуемых почвах определяли pH_{вод.}, содержание органического углерода на анализаторе TOC 5050 (Shimadzu, Япония) и общего азота методом Кельдаля.

ГК из почв экстрагировали двумя реагентами: 0,1 н. NaOH и 0,1 М Na₄P₂O₇ при pH = 7. Разбавленный раствор гидроксида натрия является наиболее распространенным и эффективным реагентом для выделения гуминовых веществ из органического вещества почвы, торфа и других органогенных образований, извлекающим основную их массу. Однако при его применении возможны изменения химической структуры органического вещества и даже искусственная гумификация негумифицированных продуктов. Нейтральный раствор пирогенфосфата натрия – гораздо более мягкий реагент, который часто используется для выделения из минеральных почв лабильных ГК [3, 18].

Экстракцию гуминовых веществ из почв обоими реагентами проводили при модуле 1:5 в атмосфере азота при температуре 25 °С. В течение 4 ч система интенсивно перемешивалась, а через 20 ч щелочной экстракт центрифугировали в течение 30 мин при 4000 об/мин, фильтровали через бумажный фильтр и подкисляли 6 н. HCl до pH = 1,3. На следующий день выпавшие ГК отделяли центрифугированием, растворяли в 400–500 мл дистиллированной воды и доводили pH до 7. Полученный раствор центрифугировали при температуре 4 °С и 6000 об/мин в течение 1 ч для удаления остатков глинистого материала, подкисляли до pH = 1,3 и через 1 сут отделяли выпавшие ГК центрифугированием.

Подобную процедуру очистки ГК проводили 3 раза. После последнего центрифугирования ГК промывали в центрифужных стаканчиках слегка подкисленной дистиллированной водой (3 раза), затем дистиллированной водой и после замораживания подвергали лиофилизации. Препараты ГК досушивали и хранили в эксикаторе над пятиоксидом фосфора. Данные о химическом составе и особенностях молекулярной структуры ГК приведены в предыдущей публикации [2].

Термический анализ ГК проводили на дериватографе OD-103 фирмы «МОМ» (Венгрия) в токе воздуха. Растертые в порошок ГК размеща-

ли тонким слоем на поверхности оксида алюминия, заполняющего платиновый тигель. Скорость нагрева 10°С/мин до температуры 700 °С. Чувствительность прибора по кривым: ТГ – 50 мг, ДТА – 1/30, ДТГ – 1/10. Эталон – оксид алюминия.

Почва под молодой лесополосой является кислой и незначительно отличается от почвы примыкающего к ней пахотного поля по величине pH, содержанию органического углерода и общего азота (табл. 1). Почва под старой лесополосой, в отличие от почвы примыкающего к ней пахотного поля (реакция среды близка к нейтральной), является сильнокислой и характеризуется значительно более высоким содержанием $C_{орг}$ и $N_{общ}$ и более узким отношением C/N, что характерно для лесной почвы. Если в случае молодой лесополосы аккумуляция органического углерода и общего азота в почве заметна только в виде тенденции, то в почве старой лесополосы содержание органического углерода возросло в 2 раза, а содержание общего азота – более чем втрое по сравнению с примыкающим пахотным полем.

Аккумуляция углерода и азота в почвах под лесополосами означает, что процессы гумификации с накоплением устойчивого к разложению гумуса преобладают в них над процессами минерализации органического вещества.

Таблица 1. Основные характеристики почв

Почва	рН _{вод}	C _{орг}	N _{общ}	C/N
		г·кг ⁻¹		
Лесополоса, 14 лет	4,75	12,0	0,59	22,2
Пахотное поле у лесополосы, 14 лет	4,38	11,0	0,54	20,4
Лесополоса, 160 лет	3,67	24,3	1,98	12,3
Пахотное поле у лесополосы, 160 лет	6.47	12.0	0.64	18.8

Поскольку термический анализ ГК проводили в токе воздуха, они подвергались термоокислительной деструкции. Как следует из вида кривых ДТГ и ДТА (рис. 1, 2), термоокислительная деструкция ГК проходит в несколько стадий. В области температур до 150 °С протекают эндотермические реакции удаления сорбционно-связанной воды, начинаются реакции дегидратации и декарбоксилирования [5]. Потеря массы при этом составляет 1,53–4,76 % у ГК, выделенных раствором гидроксида натрия, и 4,85–6,96 % – в случае ГК, экстрагированных нейтральным раствором пирофосфата натрия (табл. 2).

Основная термоокислительная деструкция ГК с потерей массы 70–80 % протекает в области температур 150–520 °С. В интервале 150–380 °С имеют место преимущественно термоокисли-

тельная деструкция углеводных и аминокислотных фрагментов ГК, декарбоксилирование кислых групп и дегидратация алифатических гидроксильных групп [5, 8, 15], которые протекают с наибольшей скоростью при 240–320 °С и сопровождаются потерей массы 26,46–34,82 % (табл. 2).

Наибольшая скорость потери массы, приводящая к сгоранию 40,73–48,45 % ГК, наблюдается в области температур 380–520 °С и сопровождается обширными экзотермическими эффектами. В этом интервале происходит термоокислительная деструкция более термоустойчивой скелетной части ГК с разрушением ароматических структур и разрывом C–C- и C–O-связей в алифатических цепях и мостиках, соединяющих ароматические структурные единицы [8, 12, 15].

Таблица 2. Результаты термогравиметрического анализа ГК

Почва	Потеря массы в температурных интервалах, % на ОМ, °С					Твердый остаток при 700 °С, % на ОМ	Z= $\frac{150-380}{380-520}$
	до 150	150–380	380–520	520–700	до 700		
ГК, выделенные 0,1 н. NaOH							
Лесополоса, 14 лет	4,52	28,65	40,73	5,60	79,50	20,50	0,70
Пахотное поле у лесополосы, 14 лет	5,04	29,71	41,48	5,53	81,76	18,24	0,72
Лесополоса, 160 лет	1,53	26,46	46,83	4,58	79,40	20,60	0,57
Пахотное поле у лесополосы, 160 лет	4,76	31,58	43,48	4,98	84,80	15,20	0,73
ГК, выделенные 0,1 М Na ₄ P ₂ O ₇ при pH=7							
Лесополоса, 14 лет	6,96	34,82	46,45	5,35	93,58	6,42	0,77
Пахотное поле у лесополосы, 14 лет	6,06	32,65	48,00	3,53	90,24	9,76	0,68
Лесополоса, 160 лет	4,85	28,78	48,45	5,25	87,33	12,67	0,59
Пахотное поле у лесополосы, 160 лет	5,74	33,45	46,15	4,35	89,69	10,31	0,74

В температурном интервале 520–700 °С происходит разрушение наиболее термоустойчивых ароматических и гетероциклических фрагментов, а также органоминеральных соединений [5]. Потеря массы ГК в этом интервале составляет 3,53–5,60 % (табл. 2)

Величина Z , представляющая собой отношение потери массы в области температур 150–380 °С к потере массы в температурном интервале 380–520 °С, позволяет оценить соотношение между термически лабильной, преимущественно периферической частью макромолекул ГК, и их термоустойчивой скелетной частью. Чем эта величина меньше, тем ниже содержание в ГК термолабильных структурных единиц (углеводных, полипептидных) и выше количество термоустойчивых ароматических фрагментов, прежде всего, конденсированных.

При термоокислительной деструкции ГК, выделенных из почв под обеими лесополосами 0,1 н. NaOH, потеря массы в низкотемпературной области (150–380 °С) ниже по сравнению с соответствующей потерей массы ГК из почв прилегающих пахотных полей, особенно в случае ГК из почвы старой лесополосы. В высокотемпературной области (380–520 °С) потеря массы при термораспаде ГК из почвы молодой лесополосы мало отличается от соответствующей величины для ГК пахотной почвы. Однако на кривой ДТГ ГК из почвы молодой лесополосы у основного пика при 430 °С появляется плечо с максимумом при 470 °С, а интенсивность максимума при 470 °С на соответствующей кривой ДТА увеличивается. Кроме того, наблюдается небольшое увеличение скорости термораспада при 500 и 580 °С, а также появление экзотермического эффекта при 580 °С на кривой ДТА (рис. 1). Эти изменения связаны с увеличением содержания более термоустойчивых структур в ГК почвы под молодой лесополосой по сравнению с ГК прилегающей пахотной почвы.

При термоокислительной деструкции ГК из почвы старой лесополосы потеря массы в области температур 380–520 °С значительно выше по сравнению с соответствующей потерей массы ГК пахотного поля. При этом основные пики термораспада на кривых ДТГ и ДТА ГК из почвы старой лесополосы смещаются в область более высоких температур (450 °С), а интенсивность высокотемпературного максимума при 500 °С значительно возрастает. Появляются также новые максимумы при температуре 600 °С (рис. 1). Это свидетельствует не только об увеличении количества термоустойчивых структурных единиц в ГК почвы старой лесополосы, но и о возрастании их термоустойчивости по сравнению с ГК соответствующей пахотной почвы. Величина Z при термоокислительной деструкции ГК пахотных почв составляет 0,72–0,73. Для ГК из почвы под молодой лесополосой она несколько меньше – 0,70, а в случае ГК из почвы под старой лесополосой снижается в 1,3 раза и составляет 0,57 (табл. 2).

Таким образом, при переходе от пахотной почвы к почве под молодой лесополосой в ГК, выделенных 0,1 н. NaOH, наблюдается некоторое снижение содержания термически лабильных фрагментов (углеводных, полипептидных), а также увеличение количества термоустойчивых ароматических структур. В соответствующих ГК из почвы под старой лесополосой уменьшение количества термолабильных структурных единиц и увеличение содержания более термоустойчивых фрагментов гораздо значительнее.

Как следует из рис. 2, термоокислительная деструкция ГК, выделенных 0,1 М Na₄P₂O₇ при pH = 7 и представляющих более лабильную часть почвенного гумуса, протекает за большее количество стадий, чем в случае ГК, выделенных гидроксидом натрия. Расщепление пиков с появлением новых означает термодеструкцию более

специфических соединений. Потеря массы при их термоокислительной деструкции несколько выше как в низкотемпературной области, так и в более высокотемпературной. Первое связано с большим количеством термолабильных углевод-

ных и полипептидных фрагментов в их структуре, второе, по-видимому, с меньшей степенью их конденсированности по сравнению с ГК, выделенными гидроксидом натрия.

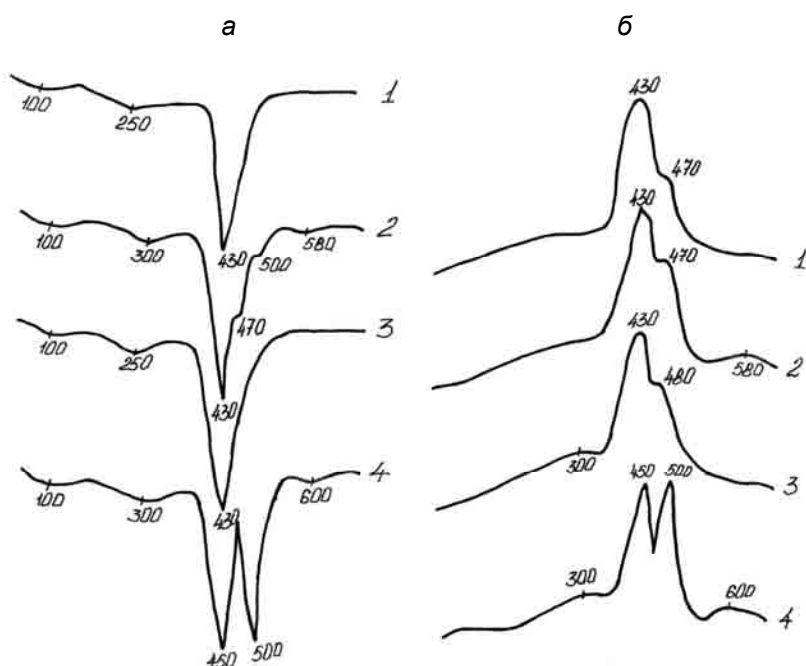


Рис. 1. Кривые ДТГ (а) и ДТА (б) ГК, выделенных 0,1 н. NaOH из почвы: пахотного поля, примыкающего к лесополосе 14-летнего возраста (1); лесополосы 14-летнего возраста (2); пахотного поля, примыкающего к лесополосе 160-летнего возраста (3); лесополосы 160-летнего возраста (4)

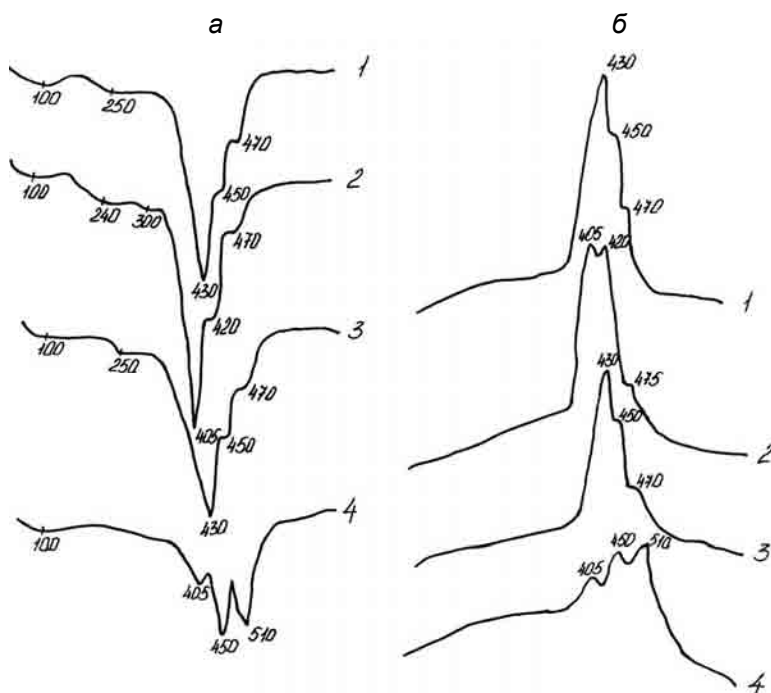


Рис. 2. Кривые ДТГ (а) и ДТА (б) ГК, выделенных 0,1 М $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ при $\text{pH} = 7$ из почвы: пахотного поля, примыкающего к лесополосе 14-летнего возраста (1); лесополосы 14-летнего возраста (2); пахотного поля, примыкающего к лесополосе 160-летнего возраста (3); лесополосы 160-летнего возраста (4)

На кривых ДТГ и ДТА ГК, выделенных нейтральным раствором пирофосфата натрия из обеих пахотных почв, наряду с максимумами при 430 и 470 °С появляются дополнительные максимумы при 450 °С (рис. 2). При переходе от пахотного поля к молодой лесополосе в структуре ГК происходят изменения, приводящие к появлению на кривых ДТГ и ДТА новых интенсивных пиков с максимумами при 405 °С. При этом основные пики термораспада проявляются при более низкой температуре (420 °С), а интенсивность пиков с максимумами при 470 °С уменьшается. По данным [15], пик около 400 °С обусловлен сгоранием алифатических структур, привнесенных в ГК из растений (ω -гидроксикарбоновые кислоты с содержанием атомов углерода 16, 18, 20 и выше). В данном случае потеря массы в области термораспада лабильных фрагментов макромолекул (150–380 °С) выше, а в высокотемпературной области (380–520 °С) ниже по сравнению с ГК примыкающего пахотного поля. Соответственно увеличивается значение Z с 0,68 до 0,77 (табл. 2).

На ДТГ и ДТА кривых ГК почвы под старой лесополосой также присутствует пик при 400 °С, однако он гораздо менее интенсивен, чем остальные пики в высокотемпературной области. Кроме того, на термических кривых появляются новые интенсивные пики при 510 °С. В противоположность ГК из почвы молодой лесополосы при термоокислительной деструкции ГК из почвы старой лесополосы потеря массы в низкотемпературной области заметно ниже, а в высокотемпературном интервале выше по сравнению с ГК примыкающего пахотного поля. Величина Z в данном случае уменьшается с 0,74 до 0,59. Все это указывает на то, что ГК, выделенные нейтральным раствором пирофосфата натрия из почвы под старой лесополосой, хотя и содержат малоизмененные фрагменты растительного происхождения, характеризуются образованием новых, более термоустойчивых структурных единиц по сравнению с ГК примыкающего пахотного поля.

Таким образом, ГК, выделенные из почвы под старой лесополосой нейтральным раствором пирофосфата натрия, так же как и соответствующие ГК, выделенные щелочью, содержат в своей структуре значительно меньше термолабильных фрагментов и больше термоустойчивых, как идентичных тем, которые присутствуют в ГК пахотных почв, так и образовавшихся в течение 160 лет аккумуляции органического вещества в почве лесополосы. В противоположность этому ГК из почвы под молодой лесополосой характеризуются более высоким содержанием термолабильных и более низким количеством термоустойчивых структур по сравнению с ГК примыкающего пахотного поля.

Эти данные полностью согласуются с результатами исследования [2]: ГК щелочных экстрактов из почв под обеими лесополосами, а также ГК, выделенные нейтральным раствором пирофосфата натрия из почвы под старой лесополосой, имеют более высокое содержание ароматического углерода и развитые системы полисопряжения по сравнению с ГК пахотных полей. Однако ГК, экстрагированные нейтральным раствором пирофосфата натрия из почвы под молодой лесополосой, характеризуются меньшим количеством ароматического и карбоксильного и более высоким содержанием гетерозамещенного алифатического углерода, а также меньшими размерами систем полисопряжения, чем ГК прилегающего пахотного поля, т. е. являются менее химически зрелыми и более молодыми. Это можно объяснить следующим образом.

Количество и состав растительного опада являются существенными контролирующими факторами процессов гумификации [19]. Вклад органического вещества послеуборочных остатков в почву возделываемых полей обычно ниже, чем вклад растительного опада в лесную почву [11]. Переход от пахотной почвы к почве, засаживаемой молодыми деревьями, ведет к возрастанию количества свежего листового опада, богатого углеводами и белками, и, как следствие, к возрастанию микробиологической активности почвы. Органические соединения, освобожденные при минерализации свежих растительных остатков, включаются в процессы гумификации с образованием молодых гуминовых молекул, обогащенных углеводными и аминокислотными фрагментами [17]. Вновь образовавшиеся ГК прежде всего экстрагируются нейтральным раствором пирофосфата натрия и вносят значительный вклад в структуру ГК, выделенных данным экстрагентом, т. е. содержат больше термолабильных структурных единиц, представленных преимущественно углеводами и аминокислотами, по сравнению с соответствующими ГК примыкающей пахотной почвы. Раствор гидроксида натрия экстрагирует гораздо более широкую гамму гуминовых молекул, в которых представительство молодых гуминовых молекул не столь значительно.

Более продвинутые стадии гумификации в почве под старой лесополосой характеризуются более высоким содержанием ароматического углерода и более низким количеством гетерозамещенного алифатического, главным образом, углеводного и аминокислотного [21]. Это является одним из факторов, обеспечивающих высокое содержание термоустойчивых ароматических и гетероциклических фрагментов в структуре ГК почвы под старой лесополосой.

Л и т е р а т у р а

1. **Мазина О. И., Жуков В. К., Лукошко Е. С., Раковский В. Е.** Изучение гуминовых кислот тростникового торфа методом термического анализа // Весті АН БССР. Сер. хім. навук. 1982. № 1. С. 85–89.
2. **Марыганова В. В., Шайдак Л., Тychинская Л. Ю.** Особенности молекулярной структуры гуминовых кислот почв под лесополосами различного возраста в агроландшафте // Природопользование. Минск, 2009. Вып. 16. С. 222–226.
3. **Орлов Д. С.** Гумусовые кислоты почв. М., 1974.
4. **Плоткина Ю. М., Фалюшин П. Л.** Влияние гидролиза гуминовых кислот на их термическую характеристику // Химия твердого топлива. 1979. № 1. С. 52–60.
5. **Филимонов В. А., Раковский В. Е.** Тепловые эффекты и механизм реакций термического разложения торфа в различных температурных интервалах // Химия и химическая технология: Тр. КПИ. М., 1967. Вып. 3 (16). С. 301–302.
6. **Шайдак Л., Марыганова В. В.** Влияние лесополос в агроландшафте на аккумуляцию углерода и азота в почве // Актуальные проблемы экологии: Материалы 1-й междунар. конф. Ч. 2. Гродно, 2005. С. 142–145.
7. **Campanella L., Tomassetti M.** Thermogravimetric and IR analysis of different extracts of humic substances // Thermochimica acta. 1990. Vol. 170. P. 67–80.
8. **Dell'Abate M. T., Benedetti A., Trinchera A., Dazzi C.** Humic substances along the profile of two Typic Haploxerert // Geoderma. 2002. Vol. 107. P. 281–296.
9. **Franciozo O., Ciavatta C., Montecchio D., Tugnoli V., Sánchez-Cortés S., Gessa C.** Quantitative estimation of peat, brown coal and lignite humic acids using chemical parameters, ¹H NMR and DTA analyses // Bioresource Technology. 2003. Vol. 88. P. 189–195.
10. **Geyer W., Hemidi F. A.-H., Bruggemann L., Hanschmann G.** Investigation of soil humic substances from different environments using TG-FT-IR and multivariate analysis // Thermochimica acta. 2000. Vol. 361. P. 139–146.
11. **Kögel-Knabner I.** The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter // Soil Biochemistry. 2002. Vol. 34. P. 139–162.
12. **Provenzano M. R., Senesi N.** Thermal properties of standard and reference humic substances by differential scanning calorimetry // J. Anal. Calorimetry. 1999. Vol. 57. P. 517–526.
13. **Ryszkowski L., Bartoszewicz A., Kędziora A.** The potential of mid-field forests as buffer zones // Buffer zones: their processes and potentials in water protection / M. Clarholm, L. Bergström (eds). Harpenden, UK. 1997. P. 171–191.
14. **Ryszkowski L., Szajdak L., Bartoszewicz A., Życzyńska-Bałoniak I.** Control of diffuse pollution by mid-field shelterbelts and meadow strips // Landscape Ecology / L. Ryszkowski (ed). 2002. P. 111–143.
15. **Sheppard J. D. and Forgeron D. W.** Differential thermogravimetry of peat fractions // Fuel. 1987. Vol. 66. P. 232–236.
16. **Shuryrina E. A., Larina N. K., Chubarova M. A., Kononova M. M.** Differential thermal analysis (DTA) and thermogravimetry (TG) of soil humic substances // Geoderma. 1971. Vol. 6. P. 169–177.
17. **Spaccini R., Piccolo A., Haberhauer G., Gerzerek M. N.** Transformation of organic matter from maize residues into labile and humic fractions of three European soils as revealed by ¹³C distribution and CPDAS-NMR spectra // Eur. J. Soil Sci. 2000. Vol. 51. P. 583–594.
18. **Stevenson F. J.** Humus chemistry. New York, 1982.
19. **Swift M. J., Heal O. W., Anderson J. M.** Decomposition in terrestrial ecosystems, Blackwell, Oxford, 1979.
20. **Szajdak L., Maryganova V., Meysner T., Tychinskaja L.** Effect of shelterbelt on two kinds of soils on the transformation of organic matter // Environ. Int. 2002. Vol. 28. P. 383–392.
21. **Zech W., Ziegler F., Kögel-Knabner I., Haumaier L.** Humic substances distribution and transformation in forest soils // Sci. Total. Environ. 1992. Vol. 117–118. P. 155–174.

Институт природопользования НАН Беларуси,
Институт сельскохозяйственной и лесной окружающей
среды Польской академии наук, г. Познань, Польша

В. В. Марыганова, Л. Шайдак, Л. Ю. Цынкалова

**ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ПОЧВ
ПОД ЛЕСОПОЛОСАМИ РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА В АГРОЛАНДШАФТЕ**

С использованием метода комплексного термического анализа (ТГ–ДТГ–ДТА) проведено сравнительное исследование гуминовых кислот (ГК), выделенных 0,1 н. NaOH и 0,1 М Na₄P₂O₇ при pH = 7 из почв под лесополосами различного возраста (14- и 160-летней) и из почв примыкающих к ним пахотных полей, расположенных на территории агроэкологического ландшафтного парка около г. Турев (40 км к югу от г. Познань, Польша).

В ГК, выделенных 0,1 н. NaOH из почв под обеими лесополосами, наблюдается уменьшение количества термолабильных структурных единиц (углеводных, полипептидных) и увеличение содержания более термоустойчивых ароматических фрагментов по сравнению с ГК примыкающих пахотных полей, особенно значительное в случае ГК старой лесополосы.

ГК, выделенные из почвы под старой лесополосой 0,1 М Na₄P₂O₇ при pH = 7, так же как и соответствующие ГК, экстрагированные 0,1 н. NaOH, содержат в своей структуре значительно меньше термолабильных фрагментов и больше термоустойчивых, чем ГК пахотной почвы. В противоположность этому, ГК из почвы под молодой лесополосой характеризуются более высоким содержанием термолабильных и более низким количеством термоустойчивых структур по сравнению с ГК примыкающего пахотного поля, т. е. являются менее химически зрелыми и более молодыми по сравнению с ГК пахотного поля и с ГК почвы под старой лесополосой.

V. V. Maryganova, L. W. Szajdak, L. Yu. Tsynkalova

**THERMAL ANALYSIS OF HUMIC ACIDS FROM SOILS
UNDER SHELTERBELTS OF VARIOUS AGE IN AGROLANDSCAPE**

Using a complex thermal analysis method (TG–DTG–DTA), a comparative investigation of humic acids (HA) extracted by 0.1 N NaOH and 0.1 M Na₄P₂O₇ at pH = 7 from soils under shelterbelts of various age (14- and 160-years old) and adjoining arable fields located in the Agroecological Landscape Park in Turew (40 kilometers south of Poznań, Poland) have been carried out.

In HA extracted by 0.1 N NaOH from soils under both shelterbelts, there is a reduction of the amount of thermally labile structural units (carbohydrates, polypeptides) and an increase in the content of more thermally stable aromatic fragments compared to HA of adjoining arable fields, especially for HA of the soil under the old shelterbelt.

HA separated by 0.1 M Na₄P₂O₇ at pH = 7 from the soil under the old shelterbelt, as well as the corresponding HA extracted by 0.1 N NaOH, contains significantly lesser percentage of thermally labile fragments and a larger amount of thermally stable ones than HA of the arable soil. Opposite to that, HA from the soil under the young shelterbelt is characterized with a higher content of thermally labile structures and a lower amount of thermally stable structural units compared to HA of adjoining arable field, i. e. is less chemically mature and younger compared to both arable field HA and HA from the soil under the old shelterbelt.

**А. П. Гаврильчик, Л. С. Лис, Т. И. Макаренко, Л. П. Калилец,
В. Б. Кунцевич, Н. А. Кот, С. Т. Мультан, Т. А. Пискунова, Н. В. Шевченко**

НАПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФЯНЫХ РЕСУРСОВ ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Обоснована экономическая целесообразность комплексного использования торфяных месторождений и торфа, особо выделены задачи по глубокой термохимической и биохимической переработке. Предложены критерии и правила выбора торфяных месторождений, пригодных и перспективных для этих целей, составлен перечень месторождений по Гродненской области.

Рациональное использование природно-сырьевых ресурсов – важная задача времени, в полной мере относящаяся к освоению торфяных ресурсов Республики Беларусь. Вместе с тем сложившаяся в стране традиционная практика потребления торфа (для топливных целей, для нужд сельского хозяйства, охраны природы) позволяет использовать лишь незначительную часть потенциальной ценности этого уникального геологического образования.

Развитие широких научно-исследовательских работ по торфу, углубленное изучение его состава и свойств современными методами способствовали выработке новых подходов к освоению данного ресурса [2, 4, 5, 10]. В составе торфа содержится широкий класс соединений органического и минерального происхождения, достаточно редких по своей природе и возможным направлениям использования. Здесь в определенной связи сочетаются органические комплексы (углеводный, битумы, гуминовые вещества) с набором макро- и микроэлементов широкого спектра [9, 2]. Новые подходы в комплексном использовании торфа основаны на направленной модификации его состава и свойств путем термохимических, механохимических и химико-биологических процессов глубокой переработки.

В результате выполнения научных и прикладных работ получен большой ассортимент новых наукоемких материалов и продуктов: торфяной воск, кормовые дрожжи, гуматсодержащие биологически активные препараты, красители различных материалов, ингибиторы коррозии металлов, сорбенты многоцелевого назначения, активные угли, гуматсодержащие удобрения пролонгированного действия и др. На основе продуктов определенной стадии очистки торфяного воска выпущены разделительные смазки, составы для точного литья по выплавляемым моделям, консистентные смазки для канатов, специальные составы для производства пластмасс, ряд товаров бытового назначения, кремов и медицинских препаратов.

Преимущества комплексного использования торфяных месторождений и торфа по срав-

нению с традиционными направлениями подтверждаются экономическими показателями: снижаются сроки окупаемости капиталовложений, в 2–3 раза повышается рентабельность производства, в 1,5–2 раза увеличивается фондоотдача [10].

Важным преимуществом многих производств по глубокой переработке торфа является их малотоннажность. Это обстоятельство обуславливает рентабельность небольших производств по выпуску продукции местного потребления, например грунтов для теплиц, мелиоративных составов, кормовых добавок и т. п.

Отметим, что перечисленные выше продукты и материалы при глубокой переработке торфа прошли стадии опытных производств и опробованы на практике с положительными результатами. Большинство из них имеют разовые технологические регламенты и технические условия, некоторые (мелиоранты, удобрительные смеси, ростостимулирующие вещества) в настоящее время выпускаются в значительных объемах и используются в ряде хозяйств республики.

Основной задачей комплексного освоения торфа и торфяных месторождений является максимально полное использование потенциальных свойств и возможностей, заложенных природой в этот ресурс, а также безотходность технологии. Так, например, при производстве торфяного воска проэкстрагированный торф может быть направлен для получения активных углей, красителей, топливных брикетов.

Широкий ассортимент продукции, которая может быть получена в результате комплексной переработки торфа, предъявляет специфические требования к характеристикам полезного ископаемого и к качеству получаемого из него сырья для каждого из этих направлений. Если для производства ряда продукции на основе торфа (энергетическое и бытовое топливо, грунты для теплиц, органо-минеральные удобрения) типы залежей и ботанический состав не лимитируются, то для других (воск, активные угли, красители, кокс торфяной) пригоден только верховой торф,

преимущественно древесно-травяной и травяной групп, высокой степени разложения со значительными ограничениями по зольности.

Важным требованием к исходному сырью для многих производств комплексного использования торфа является обеспечение определенного фракционного состава. Это достигается как технологиями добычи (кусовой, резной, фрезерный), так и соответствующей подготовкой добытого сырья (дробление, сепарирование, гранулирование). Некоторые производства критичны к технологическим показателям исходного сырья, в особенности к условиям его хранения. Например, производство гуматсодержащих биологически активных препаратов, сорбентов, кормовых дрожжей не допускает саморазогревания при хранении выше 35 °С. Для ряда производств имеются ограничения по химическому составу исходного сырья: по содержанию подвижного железа, оксидов железа и кальция, по компонентному составу, содержанию пушицы, включений древесины, веществ углеводного комплекса, битумов и др. Специфические требования предъявляет производство активных углей: верховой торф высокой степени разложения ($R \geq 30\%$) сосново-пушицевый, пушицевый, пушицево-сфагновый со строгими ограничениями зольности ($A^c \leq 3\%$).

Для комплексного освоения торфа и торфяных месторождений стоит задача выбора не только соответствующих по запасам и характеристикам торфяных месторождений как сырьевых баз, но и технологий добычи и подготовки сырья необходимого качества, чего требует широкая номенклатура продукции комплексной переработки торфа. Это подразумевает, в первую очередь, определенные в каждом случае ограничения на общетехнические характеристики торфяных залежей и торфа (тип, вид, пнистость, степень разложения, зольность), а также на ботанический и групповой состав (группа торфа, содержание гуминовых и редуцирующих веществ, углеводный комплекс, битумы) и физико-химические свойства (содержание определенных элементов: подвижного железа, кальция и др.).

При разработке критериев выбора торфяных месторождений, пригодных для комплексного использования, как было отмечено выше, учитываются требования предъявляемые к характеристикам исходного сырья, т.е. технологические параметры его подготовки. Запасы торфа в торфяных залежах также должны быть учтены в критериях выбора, однако окончательные решения по этому показателю могут быть приняты на стадии технико-экономического обоснования

проектов конкретных производств с учетом потребности определенных регионов в данной продукции, а также экономических показателей.

Разработанные критерии выбора пригодных для комплексного использования торфяных месторождений для каждого из рассматриваемых продуктов по типам залежи приведены в табл. 1.

Выбор перспективных для комплексного освоения торфяных месторождений в соответствии с разработанными критериями осуществляется для каждого административного района поэтапно в следующей последовательности.

На первом этапе оцениваются кадастровые данные всех торфяных месторождений района. На основании выполненного анализа из дальнейшего рассмотрения исключаются мелкозалежные (глубиной менее 1 м), мелкоконтурные (площадью менее 10 га) и зазолненные (зольностью более 30 %) торфяные месторождения. Оставшиеся включаются в первоначальные списки и изучаются на местах. В результате экспедиционных поездок оценивается их современное состояние и использование, условия генезиса и залегания, гидрологический режим, степень освоенности территории и ряд других показателей. Основой для получения необходимой информации по конкретному торфяному месторождению являются имеющиеся на местах материалы: районные карты землепользования, почвенные карты, проектно-сметная документация расположенных на месторождении объектов, отчеты лесохозяйственных и иных служб, картосхемы природоохранных объектов. Уточнения по полученным данным осуществляются в беседах со специалистами районных служб. В случае недостаточности нужных сведений проводятся натурные обследования изучаемых объектов. После анализа собранных материалов из дальнейшего рассмотрения исключаются торфяные месторождения, входящие в настоящее время в природоохранные объекты любого уровня, а также объекты, планируемые директивными документами для этих целей [1, 7, 8]. Не рассматриваются также торфяные месторождения запасного фонда. Список потенциально пригодных для комплексного использования торфяных месторождений формируется из неиспользуемого и земельного фондов, в него включаются из оставшихся те, запасы торфа в которых в настоящее время составляют более 10 тыс. т, что позволяет определить минимальную площадь в границах промышленной залежи: для низинного типа – 35 га, для верхового – 50 га.

Таблица 1. Критерии выбора перспективных направлений для комплексного использования торфяных месторождений

Требования к сырью					Использование торфяного сырья и торфяной продукции
Степень разложения (R), средняя глубина торфяной залежи (H), необходимые промышленные запасы торфа (Q , V)			Предельная зольность (A^c)	Ограничительные характеристики состава	
R , %	H , м	Q , тыс. т V , тыс. м ³	A^c , %		
Торфяные месторождения верхового типа					
≤ 15	$\geq 1,0$	$Q \geq 50$	≤ 10	Торф моховой группы. Содержание пушицы ≤ 15 %. Содержание подвижного железа ≤ 1 % от сухого торфа	Грунт для теплиц и торфяные горшочки
				Сфагновый, комплексный верховой	Сорбенты многоцелевого назначения
≤ 20	$\geq 1,0$	$Q \geq 15$	≤ 15	Ботанический состав не регламентируется. Содержание подвижного железа ≤ 1 %, кальция ≤ 8 % от сухого торфа	Дерн торфяной, питательные брикеты, грунт для населения
			≤ 10	Торф моховой группы, сфагновых мхов ≥ 90 %. Содержание пушицы ≤ 15 %, древесины ≤ 10 %	Изоляционные материалы и упаковка для фруктов и овощей
				Торф моховой группы. Выход редуцирующих веществ из легкогидролизуемой части торфа ≥ 20 %	Кормовые дрожжи
≥ 20	$\geq 1,2$	$Q_1 \geq 1200$ $Q_2 \geq 10$	≤ 15	Ботанический состав не регламентируется. Содержание мелочи в кусковом торфе ≤ 15 %	Энергетическое (Q_1) и коммунально-бытовое (Q_2) топливо
≥ 20	$\geq 1,0$	$Q \geq 10$	≤ 15	Ботанический состав не регламентируется. Содержание железа и кальция ≤ 5 % каждого от сухого торфа	Органические и органоминеральные удобрения
≥ 25	$\geq 1,0$	$Q \geq 20$	≤ 5	Сосново-пушицевый, пушицево-сфагновый, пушицевый	Красители для древесины, текстиля, кожи
			≤ 12	Травяная и травяно-моховая группы	Гуматсодержащие биологически активные препараты роста, кормовые добавки, консерванты кормов
≥ 30	$\geq 1,0$	$Q \geq 500$	≤ 3	Сосново-пушицевый, пушицево-сфагновый, пушицевый, комплексный	Активный уголь
			≤ 5	Сосново-пушицевый, пушицево-сфагновый, пушицевый, комплексный. Содержание бензольных битумов ≥ 9 % (бензиновых – ≥ 5 %)	Воск торфяной
≥ 30	$\geq 0,7$	$V \geq 180$	≤ 5	Сосново-пушицевый, сосново-сфагновый, пушицево-сфагновый, пушицевый, шейхцериевый	Лечебные грязи
≥ 35	$\geq 1,2$	$Q \geq 300$	≤ 5	Сосново-пушицевый, пушицево-сфагновый, пушицевый, комплексный	Кокс торфяной
Торфяные месторождения низинного типа					
≤ 15	$\geq 1,0$	$Q \geq 15$	≤ 10	Осоковый, осоково-сфагновый, гипновый, сфагновый. Содержание древесины ≤ 10 %	Изоляционные материалы и упаковка для фруктов
≤ 20	$\geq 1,2$	$Q \geq 20$	≤ 25	Торф любого ботанического состава. Содержание подвижного железа ≤ 1 %, кальция ≤ 8 % от сухого торфа	Грунт для теплиц
≥ 20	$\geq 1,2$	$Q_1 \geq 1200$ $Q_2 \geq 10$	≤ 23	Торф любого ботанического состава	Энергетическое (Q_1) и коммунально-бытовое (Q_2) топливо
≥ 25	$\geq 1,2$	$Q \geq 20$	≤ 12	Древесный, древесно-тростниковый, тростниковый, осоковый, тростниково-осоковый. Содержание подвижного железа $\leq 1,5$ %	Гуматсодержащие биологически активные препараты роста, кормовые добавки, консерванты кормов
		$Q \geq 10$	≤ 5	Гипновый, осоковый, осоково-гипновый	Ингибиторы коррозии металлов
≥ 30	$\geq 1,0$	$Q \geq 30$	≤ 30	Осоковый, тростниковый, тростниково-осоковый. Содержание железа и кальция ≤ 5 % каждого от сухого торфа	Органические и органоминеральные удобрения
	$\geq 0,7$	$V \geq 180$	≤ 50	Торф древесный группы, тростниковый, древесно-тростниковый, древесно-сфагновый, тростниково-осоковый	Лечебные грязи

Выделение из полученного по каждому административному району списка торфяных месторождений, перспективных для комплексного освоения, соответствует задачам сегодняшнего дня по определению путей наиболее эффективного использования торфяных ресурсов. Данная работа выполняется на втором этапе с использованием более расширенного набора ограничительных параметров, включающих помимо типа торфяной залежи, общетехнических характеристик (степень разложения, зольность, пнистость) также ботаническую характеристику и некоторые показатели группового и химического состава.

Для этого первоначально проведена систематизация продукции глубокой переработки

торфа, основанная на объединении ее в группы, близкие по значениям ограничивающих критериев (типа и вида торфа, степени разложения и зольности).

Составленные варианты возможного комплексного освоения торфяных ресурсов (табл. 2) являются исходным материалом для решения многих задач и, в первую очередь, при выборе пригодных торфяных месторождений. Желание уменьшить количество вариантов в этой систематизации привело к появлению ограничений по ряду объединенных продуктов, которые могут быть учтены в процессе дальнейшей работы.

Таблица 2. Классификация продукции комплексной переработки торфа с ограничительными характеристиками пригодности сырья

Вариант использования	Наименование групп производимой продукции	Характеристика исходного сырья		
		Пределы значений		Преобладающий тип и вид торфа
		R, %	A ^c , %	
1	Грунты для теплиц и населения*, питательные брикеты*	≥ 10 ≤ 30	≤ 20	Все виды и типы торфа
2	Сорбенты*, кормовые дрожжи, подстилочные и упаковочные материалы, торфяные горшочки	≤ 15	≤ 10	Верховой, моховая группа
3	Энергетическое и бытовое топливо, органические и органоминеральные удобрения, в том числе гранулированные	≥ 20	≤ 23	Все виды и типы торфа
4	Красители для древесины, кожи и текстиля, активные угли*, воск торфяной*, кокс*, гуматсодержащие биологически активные препараты	≥ 25	≤ 7	Верховой, древесно-травяная, травяная и травяно-моховая группы
5	Ингибиторы коррозии*, гуматсодержащие биологически активные препараты*	> 25	≤ 15	Низинный, травяная и травяно-моховая группы

* В отмеченных продуктах имеются дополнительные ограничения.

Необходимая дополнительная информация на втором этапе при составлении списка перспективных для комплексного использования торфяных месторождений извлекается из материалов проведенных в прошлые годы разведок. Если она отсутствует, мы используем косвенные методы оценки некоторых характеристик торфяных залежей [6]. Кроме того, при составлении списка перспективных для комплексного освоения торфяных месторождений нами использовалась дополнительная информация, связанная с потребностью в торфяной продукции данной территориальной единицы, ее освоенностью и возможностями трудовых ресурсов.

Разработанные критерии выбора пригодных, а из их числа перспективных для комплексного использования, торфяных месторождений опробованы на территории Гродненской области, составлен список таких объектов.

Гродненская область занимает площадь 25 тыс. км². В области 17 районов. Характер рельефа равнинный (преобладают абсолютные

отметки земной поверхности 130–190 м). Центральную часть области занимает Неманская низменность, вытянутая вдоль Немана. На севере и северо-востоке находится Лидская равнина (до 170 м) и Ошмянская возвышенность (до 320 м), на крайнем северо-востоке – часть Нарочанско-Вилейской низменности. На юге и юго-западе расположены денудированные краевые ледниковые возвышенности: Гродненская, Волковысская и Новогрудская. Такая структура рельефа области обусловила образование преимущественно низинных торфяных месторождений, которые занимают площадь 170,7 тыс. га (6,6 % территории области) с геологическими запасами 293766 тыс. т.

Согласно [8], торфяные ресурсы области были распределены так, как это представлено на диаграмме (рис. 1). Отметим, что в земельный фонд отнесено более 50 % запасов торфа. Торфяных месторождений запасного фонда в области не выявлено. Разрабатываемый фонд незначителен – около 10 % от всех запасов.

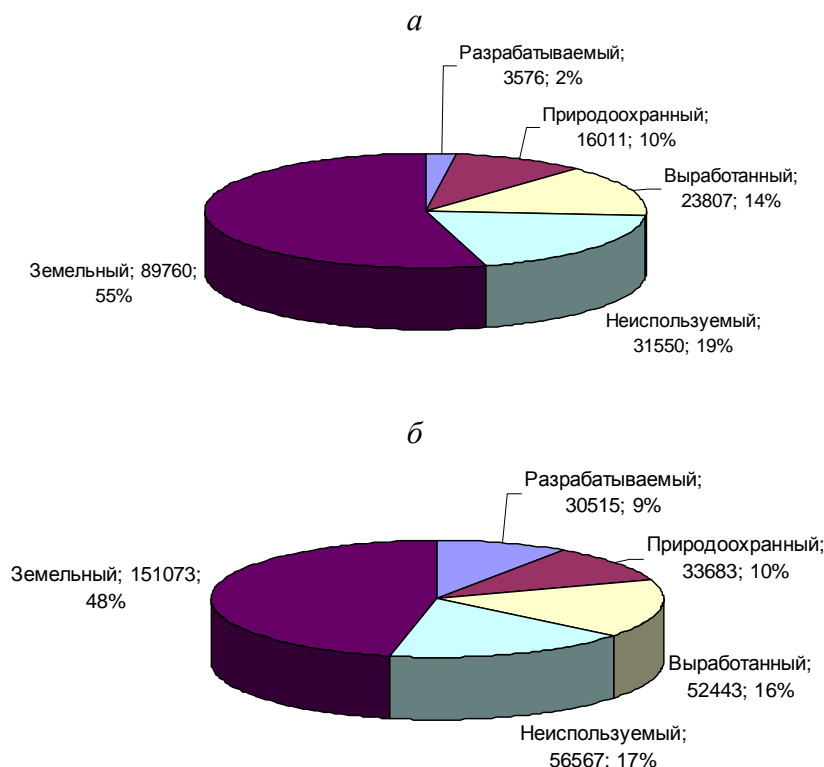


Рис. 1. Диаграмма распределения торфяных месторождений Гродненской области по площади (а, га) и по запасам (б, тыс. т)

Анализ торфяных месторождений по площади (исключены месторождения менее 10 га) (рис. 2, а) показывает, что в области преобладают мелкоконтурные залежи (10–100 га – 51,1 %), причем в разрезе районов их доли различаются: от 51,4 % в Дятловском районе до 14 % в Щучинском. Крупные по площади залежи (более 1000 га) встречаются в Вороновском (5), Ивьевском (4), Кореличском (4), Лидском (6) районах, а всего таких объектов 35. Значительное количество торфяных месторождений имеет площадь 100–1000 га, их 183.

На гистограмме распределения глубин залежи (рис. 2, б) видно, что в области распространены преимущественно мелкозалежные месторождения, их 84,5 %, а глубокозалежных (3,1–4,0 м) – незначительное количество – 1,4 %. Глубокозалежные месторождения находятся в Вороновском, Лидском, Ошмянском, Сморгонском и Щучинском районах. В области имеется одно месторождение с глубиной залежи более 4 м (Гродненский район).

Оцененное нами в 2009 г. современное состояние торфяных месторождений области можно охарактеризовать следующими данными.

Большинство землепользователей торфяных месторождений – сельскохозяйственные предприятия области: земельный фонд в настоящее время составляет 92242 га (54 %), при этом осушено из них 80 % (дренаж 13,3 %, открытая сеть – 66,7 %), в естественном состоянии находится 2482 га (1,4 %).

Среди землепользователей на 2-м месте находится Государственный лесной фонд (ГЛФ), который пополняется передаваемыми ему участками прежней торфодобычи, а также участками сельхозугодий, подвергшихся при эксплуатации естественному закустариванию и залесению. В настоящее время в составе ГЛФ находится 59940 га (35,1 %), из них осушено 4,5 %, в естественном состоянии 52190 га (30,6 %). Незначительная часть торфяных месторождений области переведены в земли государственного запаса – 1390 га (0,8 %) и находятся в естественном состоянии.

При оценке современного состояния по каждому району области были определены площади выработанных торфяных месторождений, всего таких площадей 28210 га. Анализ выработанных площадей по районам области позволяет выделить среди них районы с высоким уровнем использования торфяных ресурсов: Новогрудский, Зельвенский, Гродненский, Лидский и Островецкий, а также районы с сохранившимися запасами: Дятловский, Вороновский, Мостовский. Щучинский и Слонимский. Помимо отмеченной неравномерности использования торфяных ресурсов наблюдается различная степень выработки торфа: в ряде районов она составляет 60–70 % – (Кореличский, Зельвенский, Лидский, Гродненский); в других – только 15–30 % (Ивьевский, Вороновский, Берестовицкий и Слонимский).

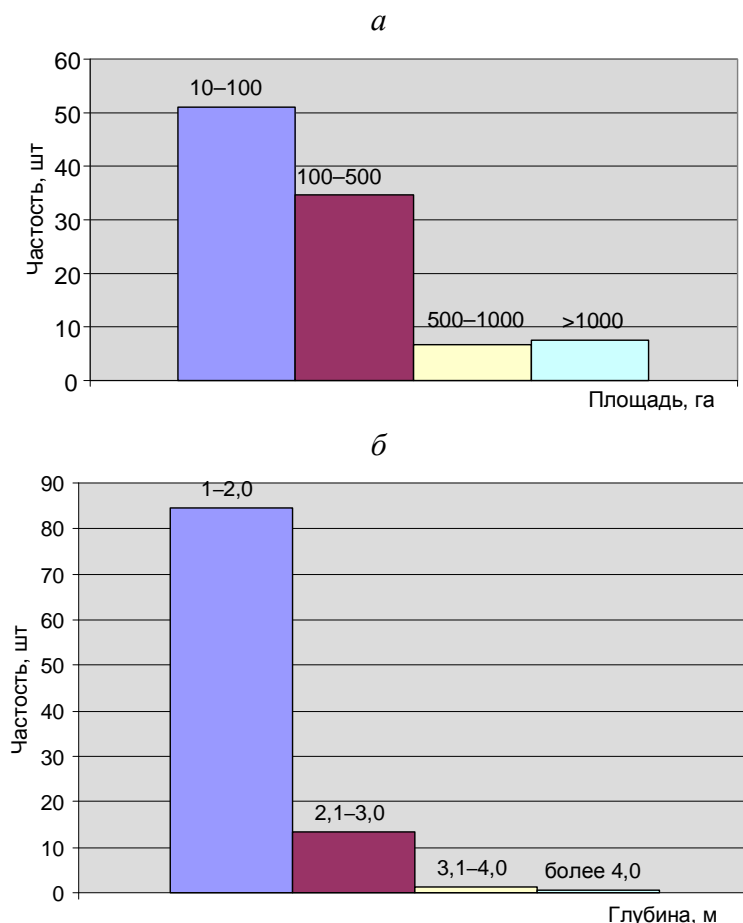


Рис. 2. Гистограмма распределения торфяных месторождений Гродненской области по площадям (а, га) и по глубине залежи (б, м)

Важным показателем современного состояния торфяных месторождений является их естественное сохранение. Всего в области в естественном состоянии находится 48 месторождений, на 67 частично сохранились такие участки. В каждом районе естественный статус имеют 2–4 торфяных месторождения, среди лидеров по этому показателю выделяются Дятловский (11) и Мостовский (7) районы. Все сохранившиеся в естественном состоянии торфяные месторождения находятся на особо охраняемых природных территориях и в землепользовании ГЛФ.

Итоговым результатом работы по каждому административному району области явился выбор пригодных и перспективных для комплексного использования торфяных месторождений. Анализ каждого объекта производился по приведенной выше методологии с использованием разработанных критериев выбора, причем принятие решений осуществлялось с учетом современного состояния, статуса землепользователя, существующих критериев выделения торфяных месторождений во все целевые фонды, прогнозных направлений использования торфяных месторождений после их разработки.

В табл. 3 представлены данные по выбранным в качестве перспективных для комплексного использования запасам торфа в разрезе районов области, здесь же приводятся варианты такого использования (табл. 2).

Анализ показывает, что значительные запасы торфа для комплексного использования (20 млн т и более) сохранились в Вороновском, Гродненском, Лидском и Мостовском районах. Здесь целесообразно ставить вопрос об организации производств по его комплексной переработке. В Ошмянском, Кореличском и Щучинском районах имеющиеся запасы позволяют избирательно принимать такие решения, а в районах Берестовицком и Зельвенском запасов торфа для комплексного использования нет.

Если рассматривать варианты комплексного использования, то для производства мелиоративных составов, грунтов для теплиц и питательных брикетов во всех районах имеются запасы торфа, и организацию таких производств целесообразно осуществлять в районном масштабе. Долгосрочные сырьевые базы для производства топливных ресурсов имеются в 3 районах (Вороновский, Гродненский и Мостовский), и несколько с меньшими запасами – в Лидском и Ошмянском.

Таблица 3. Запасы торфа, перспективные для комплексного использования, в том числе и по вариантам использования

Район	Запасы торфа, перспективные для комплексного использования		Запасы торфа по вариантам использования, га/тыс. т				
	Площадь, га	Запасы, тыс. т	1	2	3	4	5
Берестовицкий	—	—	—	—	—	—	—
Волковысский	96	156	<u>96</u> 156	—	—	—	—
Вороновский	11792	38694	<u>7832</u> 2666	—	<u>5495</u> 17124	—	<u>6893</u> 24963
Гродненский	7747	17922	<u>6649</u> 8639	<u>1098</u> 3671	<u>7535</u> 6129	<u>1098</u> 188	—
Дятловский	200	175	<u>200</u> 175	—	—	—	<u>200</u> 175
Зельвенский	—	—	—	—	—	—	—
Ивьевский	1938	1939	<u>1158</u> 450	—	<u>1938</u> 1939	<u>68</u> 227	<u>712</u> 1262
Кореличский	2508	4890	<u>2309</u> 4294	—	<u>52</u> 170	—	<u>2475</u> 4873
Лидский	12661	21292	<u>12276</u> 20366	—	<u>2815</u> 5789	—	<u>9726</u> 17804
Мостовский	5723	18896	<u>5723</u> 18896	—	<u>4793</u> 16803	—	<u>4979</u> 17187
Новогрудский	467	855	<u>410</u> 691	—	—	—	<u>330</u> 505
Островецкий	1630	1076	<u>1630</u> 1076	—	—	—	<u>1630</u> 1076
Ошмянский	3763	8214	<u>3763</u> 8214	—	<u>2950</u> 7524	<u>89</u> 231	<u>1595</u> 1278
Свислочский	782	1676	<u>782</u> 1676	—	—	—	<u>782</u> 1676
Слонимский	1369	3032	<u>897</u> 1877	<u>472</u> 1160	<u>472</u> 1160	<u>472</u> 1160	<u>731</u> 1567
Сморгонский	1694	3110	<u>1694</u> 3110	<u>227</u> 662	—	<u>227</u> 662	<u>503</u> 1976
Щучинский	1673	4189	<u>1673</u> 4189	—	—	—	<u>1257</u> 3260
Итого	54043	126121	<u>47089</u> 76475	<u>1797</u> 5493	<u>26050</u> 66638	<u>1954</u> 5468	<u>318113</u> 77602

Наличие залежей верхового торфа, пригодного для производства красителей и гуматсодержащих биологически активных препаратов, выявлено в Гродненском и Слонимском районах с достаточными запасами, а такого же торфа моховой группы, пригодного для сорбентов, подстилочных и упаковочных материалов в Гродненском, Слонимском и Сморгонском районах.

Таким образом, представленный анализ торфяного фонда Гродненской области позволил выявить наличие определенных запасов торфяных месторождений, перспективных для комплексного освоения. Если организация некоторых производств, таких как мелиоративные со-

ставы, грунты для населения и теплиц, гуматсодержащие биологически активные препараты, а также топливная продукция (в плане коммунального и бытового назначения) имеет экономическую целесообразность по районам области, то организация производства продукции, более избирательной к исходному сырью, — сорбентов, красителей, ингибиторов коррозии, активных углей и других — может рассматриваться с республиканских позиций с учетом потребности и экономической целесообразности. Полученные результаты в процессе выполнения данной работы являются исходным материалом для принятия таких решений.

Литература

1. Государственная программа развития особо охраняемых природных территорий. Указ Президента Республики Беларусь от 6 марта 2008 г. № 146.
2. **Лиштва́н И. И., Коро́ль Н. Т.** Основные свойства торфа и методы их определения. Минск, 1975.
3. Национальная стратегия развития и управления системой природоохранных территорий до 1 января 2015 года. Постановление Совета Министров Республики Беларусь, № 1920 от 29 декабря 2007 г.
4. Новые процессы и продукты переработки торфа / Отв. ред. И. И. Лиштва́н. Минск, 1982.
5. Передовой опыт комплексного использования торфа. Обмен опытом. Минск, 1972.
6. **Пидопличко А. П.** Торфяные месторождения Белоруссии. Минск, 1961.
7. Схема рационального использования и охраны торфяных ресурсов БССР (Брестская, Витебская, Гомельская, Гродненская, Минская, Могилевская области). Справ. Минск, 1990.
8. Схема рационального размещения особо охраняемых территорий республиканского значения на период до 2015 года. Постановление Совета Министров Республики Беларусь, № 1919 от 29 декабря 2007 г.
9. **Тюремнов С. Н.** Торфяные месторождения. М., 1976.
10. **Ямпольский А. П.** Экономика комплексного использования торфяных ресурсов СССР. М., 1979.

Институт природопользования НАН Беларуси

**А. П. Гаврильчик, Л. С. Лис, Т. И. Макаренко, Л. П. Калилец,
В. Б. Кунцевич, Н. А. Кот, С. Т. Мультан, Т. А. Пискунова, Н. В. Шевченко**

**НАПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ТОРФЯНЫХ РЕСУРСОВ ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Утверждается, что традиционные направления освоения торфяных ресурсов не соответствуют современным требованиям хозяйствования, т.к. не используют в полной мере потенциальную ценность этого уникального сырья. Широкие научно-исследовательские работы по изучению структуры и свойств торфа открыли новые возможности в его применении, в результате чего был получен ряд новых наукоемких продуктов и препаратов многоцелевого назначения. Показана экономическая целесообразность комплексного освоения торфяных ресурсов, обозначены основные задачи и требования к качественным показателям пригодного для этих целей торфяного сырья. Разработаны критерии выбора перспективных для комплексного освоения торфяных месторождений по Гродненской области. Эти материалы являются исходным этапом для организации конкретных производств по выпуску широкой номенклатуры новой востребованной продукции на основе торфа.

**A. P. Gavrilchik, L. S. Lis, T. I. Makarenko, L. P. Kalilets,
V. B. Kuntsevich, N. A. Kot, S. T. Multan, T. A. Piskunova, N. V. Shevchenko**

TRENDS OF EFFECTIVE PEAT RESOURCES USE OF GRODNO DISTRICT

It is affirmed, that traditional directions of the development of peat resources mismatch modern requirements of managing since a potential value of these unique raw materials is not used completely. Wide research works on studying of structure and properties of peat have opened new possibilities in its application therefore a number of new high technology products and universal purpose preparations has been received. Economic feasibility of complex development of peat resources is shown, the primary goals and requirements to quality indicators suitable for these purposes peat raw materials are designated. Perspective criteria of a choice are developed for complex development of peat deposits on the Grodno district. These materials are an initial stage for the organization of concrete manufactures on production of wide nomenclature of new demanded produce on peat basis.

VIII Республиканский экологический форум (Гродно, Республика Беларусь)

Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов – один из основных приоритетов белорусской науки и необходимое условие устойчивого экономического и социального развития нашей страны.

В Беларуси традиционным и знаковым мероприятием стало проведение ежегодного Республиканского экологического форума с целью активизации и усилий всех слоев общества в решении проблем экологии.

В период с 1 апреля по 29 августа 2010 г. Министерством природных ресурсов и охраны

окружающей среды Республики Беларусь проводился очередной VIII Республиканский экологический форум, финальная часть которого прошла в г. Гродно с 27 по 29 августа 2010 г.

VIII Республиканский экологический форум совпал с проведением в 2010 г. Международного года биологического разнообразия и празднованием 50-летия со дня образования Государственного комитета Белорусской ССР по охране природы, правопреемником которого стало Минприроды. Активное участие в проведении форума приняли ученые НАН Беларуси.



Участники VIII Республиканского экологического форума



Академик В. Ф. Логинов



Нагрудны знак
«Ганаровы эколаг
Рэспублікі Беларусь»



Академик И. И. Лиштвайн

Мероприятия Форума включали в себя проведение различных акций, фестивалей, научных конференций, республиканских конкурсов экологической направленности.

Открывая Форум, вице-премьер страны И. М. Бамбиза озвучил поздравление Президента Республики Беларусь в связи с 50-летием природоохранной службы. Министр природных ресурсов и охраны окружающей среды В. Г. Цалко вручил специалистам, внесшим большой практический и научный вклад в охрану белорусской природы, нагрудный знак «Ганаровы экалаг Рэспублікі Беларусь». Нагрудный знак впервые учрежден в 2010 г. Первым этой награды удостоен министр сельского хозяйства и продовольствия Беларуси Михаил Русый, возглавлявший ранее природоохранное ведомство страны. Высокой награды удостоены также ведущие ученые Национальной академии наук Беларуси – сотрудники Института природопользования академии И. И. Лиштван и В. Ф. Логинов.

Делегации областей республики и города Минска, а также гости форума – представители экологических служб Польши, Латвии, Украины, России побывали на Августовском канале, стройплощадке Гродненской ГЭС, в агротуристическом комплексе «Гарадзенскі маёнтак «Каробчыцы», посетили ряд предприятий г. Гродно, где ознакомились с природоохранными технологиями, внедренными в производство.

В рамках форума была организована выставка «Современные технологии в области рационального природопользования и охраны окружающей среды», а также выставка, посвященная Международному году биологического разнообразия.

В работе выставок приняли участие порядка 60 предприятий и организаций, в том числе НАН Беларуси.



**Член-корр. А. К. Карабанов,
канд. хим. наук А. Э. Томсон**

На выставке, которая прошла в центре г. Гродно на площади Ленина, были представлены современные технологии и оборудование в области использования и охраны водных ресурсов; атмосферного воздуха; использования минерально-сырьевых ресурсов. Посетители ознакомились с достижениями белорусских предприятий в сфере обращения с отходами, с ключевыми элементами национальной экологической сети (Национальные парки «Браславские озера», «Беловежская пуща», заповедники), с опытом использования биологических ресурсов (лекарственные растения, грибы, ягоды), новыми технологиями озеленения городов; получили информацию об особенностях национальной системы мониторинга окружающей среды.

В экспозиции выставки представлены и тематические разделы – экологическое просвещение и экологическая сертификация.

В выставке-презентации Гродненской области приняли участие 74 предприятия и организации 17 районов области.

В Гродненском государственном университете им. Янки Купалы в рамках научной программы экологического форума состоялась Международная научно-практическая конференция «Экологическая наука, состояние и перспективы развития».

В научной конференции приняли участие около 70 специалистов и ученых. Сопредседателями конференции были зам. министра Минприроды Г. В. Волчуга, главный научный сотрудник Института природопользования НАН Беларуси академик В. Ф. Логинов, ректор ГГУ, профессор.

С пленарными докладами выступили академик В. Ф. Логинов, академик В. И. Парфенов, академик И. И. Лиштван, член-корреспондент А. К. Карабанов, профессор Кундос. В выступлениях рассмотрены вопросы, связанные с ролью науки в природоохранной деятельности, проблемы изучения, рационального использования и сохранения биологического разнообразия Беларуси, итоги выполнения ГНТП «Экологическая безопасность» в период с 2006 по 2009 г., концепция новой Государственной комплексной программы научных исследований «Природные ресурсы и экология» на 2011–2015 гг.

В рамках конференции проведено заседание «круглого стола», посвященного Году биологического разнообразия в Республике Беларусь. Представители международных организаций, специализирующиеся на проблемах сохранения биологического разнообразия, затронули проблемы реализации инициатив проекта ООН по устойчивому развитию на местном уровне, реализации Конвенции о биологическом разнообразии, обеспечения устойчивого функционирования системы охраняемых природных территорий и др.

Проведение конференции и «круглого стола» сопровождалось демонстрацией экспозиции, представленной на выставке Институтом природопользования НАН Беларуси. Демонстрировались также разработки ученых НАН Беларуси, подготовленные по программным заданиям ГНТП «Экологическая безопасность»: экологически безопасные технологии эксплуатации месторождений полезных ископаемых; новые технологии защиты атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв и недр от поступления загрязняющих веществ и мониторингу природных экосистем; новые технологии картографического производства по данным дистанционного зондирования Земли.

Большой интерес участников и гостей форума вызвали работы ученых Института природопользования НАН Беларуси, связанные с созданием новых технологий на основе переработки местных видов твердых горючих ископаемых (торф, бурый уголь, горючие сланцы, сапропель) и материалов, созданных на их основе. Экспонировались разработки в области экологически безопасных технологий и экспериментальное оборудование для энерготехнологической и не топливной переработки бурых углей месторождений Беларуси (мелиоранты почв гуминовые буроугольные, стимулятор роста растений «Бурогумин», сорбент на основе гуминовых кислот бурых углей для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, сорбент для очистки почвы от стойких органических загрязнителей и газовых выбросов).

Широко была представлена продукция на основе переработки торфа. Это большая гамма гуминовых препаратов, используемых в качестве регуляторов роста растений, средств их защиты от насекомых и патогенов, биологически активных добавок к твердым минеральным удобрениям, кормам для крупного рогатого скота, птицы, консервантов кормов, добавок к питательным средам при микробном синтезе кормовых дрожжей, жидкие гуминовые удобрения с микроэлементами. Интерес у посетителей вызвали сорбционные материалы на основе торфа, предназначенные для ликвидации аварийных разливов нефти и сбора нефтепродуктов с различных поверхностей, очистки газовоздушных выбросов промышленных предприятий, очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. С большим успехом демонстрировались различного рода торфяные грунты и мелиорирующие смеси, предназначенные для выращивания рассады овощных и цветочных растений, зеленого градостроительства, специальные препараты для рекультивации антропогенно нарушенных земель, а также для озеленения пустынных территорий для стран Ближнего и Среднего Востока.

Большое количество участников на уровне официальных делегаций, гостей и жителей г. Гродно, массовость и результативность работы VIII Республиканского экологического форума еще раз наглядно показали высокую заинтересованность и консолидацию всех слоев общества в решении проблем охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

*А. К. Карабанов,
А. Э. Томсон,
А. В. Высоченко,
С. А. Гапеева*

Геоэкологические и экотехнологические исследования проблем природопользования в Беларуси и сопредельных странах

Решение проблем природопользования требует, с одной стороны, комплексности подходов, реализуемой за счет объединения ученых, представляющих различные отрасли знаний, с другой – согласованных действий с представителями органов управления. Данное положение было положено в основу проведения Международной научной конференции «Природопользование: экология, экономика, технологии», которая проходила в Минске на базе Института природопользования НАН Беларуси с 6 по 8 октября 2010 г. В работе мероприятия приняли участие более 130 научных работников из Беларуси, России, Украины и Турции.



Заместитель председателя Президиума НАН Беларуси С. К. Рахманов, директор Института природопользования НАН Беларуси член-корр. А. К. Карабанов, заместитель министра природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь Г. В. Волчуга, член-корр., академик-секретарь Отделения химии и наук о Земле НАН Беларуси С. А. Усанов

На открытии конференции с приветственным словом выступили заместитель министра природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь Г. В. Волчуга и заместитель председателя Президиума НАН Беларуси С. К. Рахманов. Выступающие отметили важность исследования проблем использования природных ресурсов и экологии, результаты которых должны учитываться при принятии управленческих решений в области природопользования.

В ходе конференции были заслушаны 12 пленарных докладов, представленных ведущими учеными нашей страны и ближнего зарубежья, в которых были затронуты экологические, экономические и технологические ас-

пекты природопользования. Во второй день работы конференции были организованы заседания 2-х секций «Геоэкология» и «Технологии природопользования», на которых были представлены 40 устных и 14 стендовых докладов.

Директор Института природопользования НАН Беларуси член-корреспондент А. К. Карабанов выступил с докладом, посвященным исследованиям современных проблем природопользования. Были представлены результаты исследований, полученные в ходе выполнения Государственной программы ориентированных фундаментальных исследований «Природопользование» и Государственной научно-технической программы «Экологическая безопасность» (2006–2010 гг.), а также перспективы развития научных исследований в области природопользования.



Академик В. Ф. Логинов и член-корр. А. К. Карабанов



Академик НАН Беларуси И. И. Лиштван (Институт природопользования) и член-корр. РАН В. А. Снытко (Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова)

В докладе академика Л. Г. Руденко и доктора географических наук С. А. Лисовского (Институт географии НАН Украины) был затронут важный вопрос научного обеспечения регионального природопользования, которое подразумевает всестороннее изучение взаимосвязей всех компонентов природы, изменений под влиянием природных и антропогенных факторов в каждом природно-хозяйственном регионе, изучение роли природных условий и естественных ресурсов в формировании производственных комплексов базирующихся на природных ресурсах и разработку стратегии сбалансированного развития региона. Коллегами из Украины было отмечено, что наши страны, имея общую историю, близкие природные условия, имеют значительные перспективы развития научных исследований в данной области. Среди приоритетных направлений были выделены следующие: экологическое оздоровление бассейна Днепра и работы по общим проблемам развития Белорусского и Украинского Полесья.

Доклад, посвященный доказательной базе и проблемным вопросам интерпретации результатов экспериментальных и модельных исследований изменения климата, был представлен академиком В. Ф. Логиновым. По прогнозам ученого, в ближайшие два-три десятилетия содержание парниковых газов в атмосфере будет расти, несмотря на громкие заявления о необходимости охраны климата. В докладе было отмечено, что доказательная база Межправительственной группы экспертов по изменению климата рядом специалистов в последнее время ставится под сомнение.

Академик И. И. Лиштван посвятил свой доклад актуальному для Беларуси вопросу – рациональному использованию твердых горючих ископаемых, таких как торф, горючие сланцы, бурый уголь и сапропель. Их освоение может оказать значительное влияние на топливно-энергетический комплекс страны и производство продуктов промышленного, сельскохозяйственного, химического и природоохранного назначения. Были приведены примеры ресурсосберегающих технологий их добычи и переработки для энергетических целей и нетопливного использования.

В докладе академика Н. Н. Бамбалова была рассмотрена проблема использования выработанных торфяных месторождений, территория которых после прекращения добычи превращается в деградированные земли. На ряде примеров было показано, что повторное заболачивание таких территорий является эффективным способом их восстановления. Было отмечено, что при принятии решений по разработке месторождений следует учитывать не только экономический эффект, но и экологи-

ческие последствия, связанные с организацией добычи.

Территориально-организационные аспекты совершенствования аграрного землепользования Беларуси были освещены в докладе кандидата сельскохозяйственных наук В. М. Яцухно (БГУ). Докладчик показал, что современное аграрное землепользование Беларуси характеризуется выраженной разнокачественностью земель, вовлеченных в сельскохозяйственный оборот, а доля низкопродуктивных земель, на которых сельхозпроизводство является убыточным, достигает 10,4 %. В этих условиях оптимизация аграрного землепользования, направленная на поиск наиболее экономически и экологически целесообразных вариантов организации и использования земельных ресурсов в сельском хозяйстве, является актуальной и практически востребованной проблемой.

Вопросы природопользования в историческом аспекте были затронуты в докладе члена-корреспондента РАН В. А. Снытко (Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН) и соавторов. На примере Тихвинской водной системы, одного из важнейших исторических водных путей, по которым шло заселение и освоение русского Севера, в ходе экспедиционных исследований были изучены сохранившиеся гидротехнические сооружения и оценена современная экологическая обстановка. XIX век был для этих мест наиболее благоприятным в смысле природопользования. Закрытие регулярного сообщения по водному пути сказалось и на ведении хозяйства: исчезали целые селения. Только в наши дни селения приобретают новый смысл для их использования в рекреационных целях.

Преимущество бассейнового подхода к экологической оценке природопользования было представлено в докладе кандидата географических наук О. А. Борсука (Московский государственный университет) и кандидата географических наук А. Н. Кичигина (Вологодский государственный технический университет). Данный подход основан на естественном делении территории на водосборные бассейны различных размеров с учетом иерархической соподчиненности и позволяет количественно оценивать экологическое состояние территории, основываясь на объективных характеристиках объектов.

В докладе члена-корреспондента А. В. Кудельского и кандидата геолого-минералогических наук В. И. Пашкевича подземные воды рассматривались не только как источник жизнеобеспечения, но и как источник технологических проблем. Несмотря на то, что высококачественные подземные воды, удовлетворяющие требованиям стандартов качества питьевых вод, широко распространены в Беларуси, содержание фторидов не всегда соответствует оптимальному уровню, повсеместно наблюдается острый дефицит йода, часто имеют место превышения по содержанию бора, железа, мар-

ганца и других загрязнителей природного происхождения. Еще раз был подчеркнут явно неприемлемый факт о практически повсеместном загрязнении подземных вод на территории населенных пунктов, крупных городов и городских агломераций, сельскохозяйственного и промышленного производства. Таким образом, сведений о весьма значительных ресурсах подземных вод, в которых не учитывается их качество, далеко не достаточно для объективного понимания проблемы обеспеченности страны высококачественными хозяйственно-питьевыми водами.



Д.б.н. В. М. Стародубцев (Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины) и к.с.-х.н. В. М. Яцухно (БГУ)



Академик НАН Беларуси В. Ф. Логинов и к.г.н. О. А. Борсук (Московский государственный университет)

Несомненно, важным вопросом, обсуждаемым на конференции, был вопрос устойчивого развития городских территорий. В докладе кандидата географических наук Л. А. Кравчук были представлены результаты исследования ландшафтно-рекреационных комплексов для целей планирования и управления. Докладчиком были предложены критерии и методические подходы оценки, из них – уровень озелененности функциональных зон

города, обеспеченность населения ландшафтно-рекреационными территориями местного, районного и городского значения, соотношение основных элементов озеленения и благоустройство рекреационных объектов, состояние и устойчивость насаждений к загрязнению воздуха и рекреации, биологическое и ландшафтное разнообразие.



К.ф.-м.н. А. П. Чайковский (Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси)

Важным блоком работы конференции явились доклады сотрудников Института физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси (кандидата физ.-мат. наук А. П. Чайковского, члена-корреспондента А. П. Иванова, доктора физ.-мат. наук В. П. Кабачникова и др.), посвященные мониторингу крупномасштабного переноса взвешенных в атмосфере частиц по данным дистанционных и локальных измерений в Беларуси и сопредельных регионах. Учеными совместно с научными центрами ЕС проведены координированные наблюдения за характеристиками взвешенных частиц на пространстве Центральной и Восточной Европы. Определены источники поступления частиц в атмосферу и оценена степень их воздействия на загрязнение атмосферного воздуха в Беларуси.

Кандидатом технических наук В. М. Цилибиной (Институт экономики НАН Беларуси) был представлен доклад о современных подходах к оценке национального богатства Беларуси. Автор обратила внимание на то, что стоимостная оценка национального богатства, осуществляемая по отдельным элементам, приводит к его недооценке более чем в 12–13 раз.

В ходе работы секции «Геоэкология» был представлен ряд докладов посвященных оценке антропогенной трансформации современных ландшафтов, ландшафтному планированию и ландшафтно-геохимической паспортизации. Доктор географических наук Г. И. Марцинкевич с соавторами (БГУ) представила новые научные результаты исследований современных ландшафтов Белорусского Полесья, включая карту прикладного районирования, отражающую внутрирегиональные различия характера и степени антропогенной

трансформации ландшафтов. В докладе академика Л. Г. Руденко и кандидата географических наук Е. А. Маруняк (Институт географии НАН Украины) обоснована актуальность применения ландшафтного планирования в Украине, проанализированы предпосылки и возможности реализации, а также задачи проектов в сфере ландшафтного планирования на примере Черкасской области Украины.



Д.г.н. С. А. Лисовский (Институт географии НАН Украины) и д.г.н. Г. И. Марцинкевич (БГУ)



Заседание секции «Геоэкология»

Доктор географических наук Н. К. Чертко совместно с кандидатами географических наук П. В. Жумарем и А. А. Карпиченко (БГУ) представили методику составления ландшафтно-геохимических паспортов выработанных торфяных месторождений в Белорусском Полесье и разработанные на их основе практические рекомендации.

В докладе доктора географических наук С. А. Лисовского (Институт географии НАН Украины) были рассмотрены результаты анализа ограничивающих демографических, социально-экономических, экологических, природоохранных, историко-культурных факторов, влияющих на выбор площадок под строительство энергоблоков АЭС. Сделаны выводы о том, что в пределах Украины практически нет

территорий, благоприятных для строительства АЭС в соответствии с этими факторами. Особенности формирования новых дельт в днепровских водохранилищах были представлены в докладе доктора биологических наук В. М. Стародубцева и В. А. Богданца (Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины), анализ состояния экосистемы озера Нарочь по донным осадкам – в докладе доктора технических наук Б. В. Курзо с соавторами. Кандидат географических наук М. И. Струк (соавторы академик В. Ф. Логинов и кандидат физ.-мат. наук В. С. Микуцкий) представил методические подходы и результаты оценки рисков, обусловленных опасными метеорологическими явлениями.

В докладе академика А. В. Матвеева было показано, что современные движения земной коры, особенно в зонах разрывных нарушений, обуславливают формирование в покровных отложениях повышенных концентраций многих микроэлементов и аномалий физических полей Земли, что сказывается на экологической обстановке, способствуя развитию различных заболеваний человека, животных и растений и возрастанию вероятности аварийных ситуаций.



Во время работы секции стендовых докладов: д.б.н. В. М. Стародубцев (Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины) и к.т.н. Г. А. Камышенко (Институт природопользования НАН Беларуси)

Различные аспекты природопользования были представлены в докладах А. В. Мальчиной, кандидата физико-математических наук А. Н. Красовского и соавторов (Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ), кандидата технических наук О. А. Белого, Н. К. Крыжановского и А. Е. Бернацкого (Центр системного анализа и стратегических исследований НАН Беларуси), Ю. Г. Мисюты (Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси), кандидата географических наук С. М. Зайко и соавторов (БГУ), И. Н. Шпоки и доктора географических наук А. А. Волчека (УО «Брестский государственный

университет им. А. С. Пушкина»), доктора географических наук В. Б. Кадацкого, кандидата сельскохозяйственных наук А. А. Лепешева и А. В. Силюка (белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка), доктора технических наук С. В. Какарека и Ю. Г. Ашурко, академика В. Ф. Логинова и кандидатов технических наук Г. А. Камышенко, З. А. Ничипорович и соавторов (ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам»), кандидата геолого-минералогических наук С. В. Савченко и соавторов, Н. Н. Цыбулько и А. А. Мисючека (Могилевский филиал РНИУП «Институт радиологии»).

Доклады секции «Технологии природопользования» были разбиты на два блока. Первый был посвящен вопросам разработки лазерного источника для лидарного комплекса по зондированию тропосферного озона, методов измерений и программного обеспечения (докладчики: член-корреспондент А. П. Иванов, кандидаты физико-математических наук Р. В. Чулков, И. Л. Кацев и др. (Института физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси)), а также вопросам использования данных дистанционного зондирования для оценки динамики деградации мелиорированных торфяных почв, их картографирования на основе статистического анализа космических снимков и применения ГИС-технологий для оценки почвенно-ресурсного потенциала (докладчики кандидат биологических наук А. Р. Понтус с соавторами (РНПУП «Космоаэрогеология»), С. Г. Мышляков (НИРУП по землеустройству, геодезии и картографии «БелНИЦзем»), кандидат сельскохозяйственных наук А. Н. Червань (РУП «Институт почвоведения и агрохимии)).

Доклады второго блока представили сотрудники Института природопользования НАН Беларуси. Доктор технических наук Г. В. Наумова с соавторами рассмотрели вопросы разработки и эффективности применения регуляторов роста Гидрогумата и Мальтамина в современном овощеводстве и исследованию их влияния на урожайность и биохимический состав овощей.

Кандидат химических наук А. Э. Томсон с соавторами в своем докладе показали возможность получения на основе верхового торфа новых композиционных материалов с фунгитоксичными свойствами в отношении плесневых грибов, применение которых приводит к снижению пораженности яблок гнилью в 2 раза и стабилизации воздушно-влажностного режима в замкнутом пространстве.

Биологические и физико-химические подходы активизации органического вещества каустобиолитов и вторичного сырья при создании материалов удобрительной и мелиори-

рующей направленности действия были рассмотрены в докладе кандидата сельскохозяйственных наук Г. А. Соколова с соавторами.



Председатели секции «Технологии природопользования» д.т.н. Г. П. Бровка и д.т.н. Г. В. Наумова (Институт природопользования НАН Беларуси)



Работа секции «Технологии природопользования»

Доктор технических наук П. Л. Фалюшин с соавторами показал, что перспективным способом переработки низкокалорийных местных твердых топлив с получением в качестве целевого продукта горючего газа с высоким содержанием синтез-газа является скоростной пиролиз в подвижном слое. Кроме твердых горючих ископаемых (торфа, бурых углей, горючих сланцев), а также их смесей с полимерными горючими отходами пригодными для получения более высококалорийных горючих газов могут быть отходы древесины и растениеводства.

В докладе доктора технических наук А. П. Гаврильчика с соавторами (кандидатом технических наук Л. С. Лисом и Т. И. Макаренко) были рассмотрены вопросы разработки критериев выделения торфяных месторождений в разрабатываемых

мый и запасной фонды, что позволит обоснованно выбрать сырьевые базы для реализации новых задач по привлечению местных видов топлива в энергетику и сельское хозяйство, а также организации инновационных производств по глубокой термохимической и биологической переработке торфа.

О совершенствовании методов прогноза распределения водорастворимых сорбируемых соединений в природных дисперсных средах, таких как, почвы, грунты и горные породы, для решения проблем связанных с оценкой их рассеяния конвективными потоками влаги, доложили доктор технических наук Г. П. Бровка и И. Н. Дорожок.

На конференции были широко представлены результаты исследований, полученные в ходе выполнения ГПОФИ «Природопользование» и ГНТП «Экологическая безопасность» на 2006–2010 гг. Их обсуждение позволило выявить наиболее актуальные направления раз-

вития научных исследований в области природопользования, что нашло отражение в формируемых программах научных и прикладных исследований в Республике Беларусь на 2011–2015 годы.

Работа конференции «Природопользование: экология, экономика, технологии» позволила также обобщить накопленный в Беларуси и соседних странах опыт в области изучения и решения проблем природопользования и наметить приоритетные направления международного сотрудничества по обсуждаемым проблемам.

Материалы выступлений и докладов опубликованы в сборнике конференции (*Природопользование: экология, экономика, технологии: материалы Междунар. научн. конф., г. Минск, 6–8 окт. 2010 г. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.] ; редкол.: В. С. Хомич (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Минсктип-проект, 2010. – 358 с.*).

Е. П. Овчарова, В. С. Хомич

Научное издание

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Сборник научных трудов
Выпуск 18

Редактор *А. В. Новикова*

Компьютерная верстка *Н. В. Данькова, Т. Н. Козловская*

Подписано в печать 09.12.2010. Формат 60х90/8. Бумага офсетная.
Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 24,4. Уч.-изд. л. 26,25.
Тираж 150 экз. Заказ № Заказное.

Издатель А. Н. Вараксин
ЛИ № 02330/0131774 от 06.03.2006 г.

Отпечатано в типографии ООО «Эволайн».
ЛП № 02330/0552717 от 25.04.2009 г.
ул. Рыбалко, 9, 220033 г. Минск